

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Program praktických cvičení studentů na letových
simulátorech na bázi PC technologií

Student's Practical Training Programme on PC -
Technology Based Flight Simulators

Student:

Kamil Štolpa

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student:

Kamil Štolpa

Studijní program:

B3712 Technologie letecké dopravy

Studijní obor:

3708R037 Technologie provozu letecké techniky

Téma:

Program praktických cvičení studentů na letových simulátorech na bázi
PC technologií

Student's Practical Training Programme on PC - Technology Based
Flight Simulators

Zásady pro vypracování:

1. Seznámit se s požadavky leteckých předpisů na výcvik letových posádek pomocí letových simulátorů (JAR FCL 1).
2. Seznámit se s technickým řešením a možnostmi leteckých simulátorů při ÚLD.
3. Seznámit se s osnovami praktického výcviku a jeho časovou dotací v rámci příslušného oboru.
4. Navrhnout program praktického leteckého výcviku studentů v rámci praktických cvičení za použití dostupných leteckých simulátorů.

BP musí v rámci úvodu obsahovat kapitolu se stanovením cílů práce a v závěru zhodnocení dosažených cílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Letecké předpisy JAR STD 1 – 4

Letecký předpis JAR FCL 1

Učební texty pro teoretický kurz ATPL – Moduly: 010 - 090, ČVUT Praha, 2006

Veřejně dostupné zdroje

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15.5.2012

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 15.5.2012

.....
podpis studenta

Kamil Štolpa
Přemyslovice 432
798 51, Přemyslovice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠTOLPA, K. *Program praktickým cvičení studentů na letových simulátorech na bázi PC technologií: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, 66 s. Vedoucí práce: Smrž, V.

Tato bakalářská práce má za cíl seznámit studenty všech studijních skupin se základy teorie létání v rozsahu výcviku PPL(A). Má studentům zopakovat základní dosažené znalosti z předchozích předmětů (zvláště VZL) a systematicky je navázat na praktické využití při rozhodovacím procesu řízení letadla. Tato bakalářská práce má dále studenty seznámit s provozem a pilotáží (především) letounu typu Cessna C 152 za podmínek VMC tak, aby získali alespoň základní znalosti a správnou představu o tom, jakým způsobem k řízení letadla přistupovat a jak přitom přemýšlet.

Klíčová slova:

Letový simulátor, výcvik PPL, pilot, let VFR, letoun Cessna C 152, student.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ŠTOLPA, K. *Student's Practical Training Programme on PC - Technology Based Flight Simulators: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport – Department of Air Transport, 2012, 66 p. Thesis head: Smrž, V.

This bachelor thesis aims to introduce students of all study groups with the basics of flying in the scope of training PPL (A). My students repeat basic knowledge obtained from previous courses (particularly VZL) and systematically build on the practical use in decision-making process of an aircraft. This thesis aims to introduce with the operation and piloting (mainly) aircraft Cessna C 152 for all of student groups. Particularly VMC conditions to obtain at least basic knowledge and idea about how to access and control of the aircraft as think yet.

Keywords:

Flight Simulator, PPL training, Visual Flight Rules, airplane Cessna C 152, student.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	9
CÍLE PRÁCE	10
0 ÚVOD	11
1 CHARAKTERISTIKA LETOUNU CESSNA C 152.....	12
1.1 POPIS.....	12
1.2 TECHNICKÉ PARAMETRY	12
1.3 VÝKONY MOTORU LYCOMING O-235-L2C (110 HP)	12
1.4 HMOTNOSTI.....	14
1.5 OTÁČKY MOTORU	14
1.6 VÝKONNOST.....	14
1.7 POVOLENÉ OBRATY (VSTUPNÍ RYCHLOST).....	15
2 PŘÍSTROJE.....	16
2.1 RYCHLOMĚR.....	16
2.1.1 Význam jednotlivých barevných oblouků a jejich ohrazení	17
2.1.2 Zkratky používané pro druhy rychlosti	17
2.1.3 Snímače tlaku	19
2.1.4 Definice významných rychlostí	21
2.2 VÝŠKOMĚR.....	23
2.2.1 Mechanické části barometrického výškoměru	23
2.2.2 Kategorie barometrického výškoměru	24
2.2.3 Letecké Q-kódy používané při barometrických měřeních výšky letu	24
2.2.4 Chyby výškoměru.....	25
2.3 VARIOMETR.....	25
2.4 UMĚLÝ HORIZONT.....	27
2.5 SMĚROVÝ SETRVAČNÍK	28
2.6 ZATÁČKOMĚR.....	29
3 OBSLUHA LETOUNU.....	30

3.1	DOKUMENTACE PRO PILOTY	30
3.2	DOKUMENTACE LETADLA	31
3.3	DŮLEŽITÉ ÚKONY	31
3.3.1	Po nástupu do kabiny	32
3.3.2	Spouštění motoru	33
3.3.3	PŘED POJÍŽDĚNÍM	33
3.3.4	Na vyčkávacím místě	34
3.3.5	Před vzletem	35
3.3.6	Po vzletu	35
3.3.7	Po větru	35
3.3.8	Base leg	36
3.3.9	Po přistání	36
3.3.10	Vypnutí motoru	36
4	KOMUNIKACE	37
5	PROSTORY	38
5.1	ROZDĚLENÍ VZDUŠNÉHO PROSTORU V ČR	38
6	ZÁKLADY AERODYNAMIKY A MECHANIKY LETU	43
6.1	PROUDĚNÍ VZDUCHU	43
6.1.1	Rovnice spojitosti (kontinuity)	43
6.1.2	Bernoulliho rovnice	44
6.2	VZNIK AERODYNAMICKÝCH SIL	44
6.2.1	Vznik vztlaku	44
6.2.2	Vznik odporu	45
6.3	ÚČINKY KORMIDEL	48
7	TECHNIKA PILOTÁŽE	50

7.1	HORIZONTÁLNÍ LET	50
7.2	ÚČINKY KŘIDÉLEK.....	52
7.3	ÚČINKY SMĚROVÉHO KORMIDLA	52
7.4	HORIZONTÁLNÍ ZATÁČKA (15°-30°).....	53
7.5	ÚČINKY ZMĚNY VÝKONU MOTORU	57
7.6	ÚČINKY VZTLAKOVÝCH KLAPEK A VYVÁŽENÍ	58
7.7	ÚČINKY VYVÁŽENÍ	59
ZHODOCENÍ A CÍLE		61
ZÁVĚR		62
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		63
SEZNAM OBRÁZKŮ		64
SEZNAM TABULEK.....		66

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Anglický výraz	Český výraz
KIAS	Knots indicated airspeed	Indikovaná vzdušná rychlost v uzlech
A/C	aircraft	Letadlo
AGL	Above Ground Level	Výška nad zemí
AIP	Aeronautical Information Public	Letová informační příručka
AMSL	Above Mean Sea Level	Nadmořská výška
BEW	Basic Empty Weight	Základní prázdná hmotnost
CAS	Calibrated Airspeed	Kalibrovaná vzdušná rychlost
CTR	Control Zone	Řízený okrsek
EAS	Equivalent Airspeed	Ekvivalentní rychlost letu
ENR	En-route	(Část letové informační příručky)
ft	Feet	Stopy
GND	Ground	Pozemní služba řízení
IAS	Indicating Airspeed	Indikovaná rychlost letu
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla pro létání podle přístrojů
kg	Kilogram	Kilogram
km/h	Kilometers per hour	Kilometry za hodinu
kts	Knots	Uzly
lbs	Pounds	Libry
M	Mach number	Machovo číslo
m	Meters	Metry
m/s	Meters per sec	Metry za sekundu
MCTR	Military Control Zone	Vojenský řízený okrsek
MSA	International Standard Atmosphere	Mezinárodní Standardní Atmosféra
MTMA	Military Terminal Control Area	Vojenská řízený okrsek
MTOW	Maximum Take-off Weight	Maximální vzletová Hmotnost
RCI	Rate of Climb indicator	Indikátor úhlu stoupání
ŘLP		Řízení Letového Provozu
TAS	True Airspeed	Skutečná rychlost letu
TMA	Terminal Control Area	Koncová řízená oblast
TWR	Tower	Věž
v	Velocity	Rychlost
VFR	Visual Flight Rules	Pravidla létání za viditelnosti země
VMC	Visual Meteorological Condition	Minimální meteorologické podmínky
VPD	RWY	Vzletová přistávací dráha
VSI	Vertical Speed indicator	Indikátor Vertikální složky vzdušné rychlosti letadla
Y	Lift	Vztlak
X	Drag	Odpor
α_{krit}	Angle of attack	Kritický úhel náběhu

CÍLE PRÁCE

Tato práce má za cíl:

- seznámit studenty se základními charakteristikami letů VFR za podmínek VMC.
- seznámit studenty s popisem letounu Cessna C 152, na kterém je výcvik prováděn, s jeho letovou příručkou, technickými parametry, s motorem letounu a celkovou obsluhou C 152 tak, jak se s ní setkává pilotní žák v reálném provozu.
- souhrnně a přehledně zopakovat nejdůležitější teoretické znalosti z oblastí leteckých přístrojů, aerodynamiky, komunikace, leteckých předpisů a provozních postupů.

Na tomto základě pak samotná práce staví metodický postup při vysvětlování techniky pilotáže, která je popsána jednoduchým a srozumitelným způsobem i pro žáka, který se ještě v reálném leteckém provozu nepohyboval.

0 ÚVOD

Simulátor je dnes prostředkem, zasahujícím do mnoha odvětví lidské činnosti. Máme na mysli zařízení, které umožňuje evokovat, co možná nejpřesněji, určitý druh činnosti, který se v reálném provozu buď nedá vygenerovat a nebo jen s velkými obtížemi. Jedná se tedy o specifické činnosti vztahující se nejčastěji k technologicky složitým strojům, jejichž provoz je drahý. Je proto logické, že se trend výcviku na takto složitých zařízeních (určitého technologického celku) ubírá směrem k virtuální „simulátorové“ realitě, která je sice v pořizovací ceně drahá, ale nenahraditelná v komplexním využití samotného výcviku. Ve světě letectví se simulátory staly velice vítanou a dnes již naprosto nezbytnou součástí při výcviku pilotů. Nekopírují sice (zcela přesně) chování letadla a vnějších vlivů, se kterými se pilot reálně potýká, ale umožňují pochopení logiky ovládání letadla a „osvojení si“ jednotlivých postupů a úkonů, včetně (a především) těch nouzových. Nouzové postupy jsou jen jednou z částí „simulátorového“ výcviku, ale stojí za to si uvědomit, že tento druh postupů se v reálném provozu evokuje těžko a dají se cvičit jen při značné míře rizika s ohrožením na životě pilota. Dalším nepříznivým faktorem nácviu nouzových postupů, v reálném provozu, je nepochybně i vysoká pravděpodobnost poškození drahé letecké techniky, v důsledku neodborných zásahů pilota - začátečníka. Když zvážíme neustále se rozšiřující technologické možnosti a trend, kterým směřuje současný výcvik pilotů, můžeme jednoznačně konstatovat, že je snahou FTO organizací, aby valná část výcviku proběhla na leteckém simulátoru a jen nejnutnější zbytek se odehrával ve skutečné kabině letounu. Z uvedeného jednoznačně vyplývá, že nejúspěšnější školou (jak z hlediska klientů, tak z hlediska kvality výcviku) bude ta, která bude mít k dispozici nejlepší letový simulátor. Jak již bylo uvedeno – simulátor je v pořizovací ceně velice drahé zařízení. Nicméně jeho provoz, ve srovnání s cenou skutečné letové hodiny na letounu, je značně nižší. Z druhé strany je potřebné říct, že simulátor zatím nedokáže absolutně nahradit výcvikový let v reálném provozu. Dokáže ale na maximální úroveň snížit čas, který pilot musí strávit „ve vzduchu“ a draze si jej zaplatit. Při výcviku na simulátoru si však musíme dát dostatečný pozor na to, abychom si nevytvořili špatné návyky a úsudky, které vyplývají z rozdílnosti od reálného provozu. Když tedy spojíme dobré teoretické znalosti s odborným přístupem k simulátoru, dostává se nám cenný základ pro profesionální růst.

1 CHARAKTERISTIKA LETOUNU CESSNA C 152

1.1 Popis

Letoun Cessna C 152 je dvoumístný jednomotorový celokovový hornoplošník s tříkolovým podvozkem příďového typu.

1.2 Technické parametry

- výška: 2,11 m
- délka: 6,56 m
- rozpětí: 10,17 m
- plocha křídla: 10,3 m²
- prázdná hmotnost: 500kg
- maximální vzletová hmotnost: 759 kg

1.3 Výkony motoru Lycoming O-235-L2C (110 hp)

- cestovní rychlost: 150Km/h
- dolet: 768 km
- max. rychlost horizont: 196 Km/h
- max. dostup: 4480 m

Letouny C 152 jsou většinou vybaveny pouze základní avionikou, tzn. pro lety VFR (lety za viditelnosti země), a samozřejmě odpovídačem sekundárního radaru, abychom se s letouny této kategorie mohli pohybovat v řízených vzdušných prostorech nejvyšší třídy.

Palivo využívané letounem Cessna C 152 je letecký benzín AVGAS 100 LL modré barvy. Kapacita palivových nádrží je 2 x 11,25 US Gal / 2 x 45,5 l. Spotřeba paliva u typu

C 152 je v průměrné hodnotě 23 litrů / hod. Spotřeba oleje dosahuje cca 1 litr / 10 hodinu letu. Objem olejové nádrže je 6 QTS / \approx 6 litů.

Předchůdce Cessny C 152, letoun Cessna C 150, vznikl v roce 1957 a celkem bylo vyrobeno asi 24 000 kusů.

Charakteristiky tohoto sportovního letadla byly mimořádné. Osvědčil se v jednoduchosti jak z hlediska údržby, tak z hlediska pilotáže. Právě proto se, vlastně až dodnes, stal „stěžejním koněm“ u leteckých škol, v základním výcviku pilotů PPL(A). Cessna C 150 však samozřejmě neslouží jen k výcviku, ale díky svým výhodným vlastnostem, je oblíbeným dopravním prostředkem, především k osobnímu cestování (zvláště v rozlehlejších krajinách - oblasti USA, Afriky, atd.).

Letové vlastnosti C 152 a C 150 jsou obdobné, tzn., cestovní rychlost 70 uzlů (150km/h) a dolet 700km.

Samotný letoun Cessna C 152 byl představen v roce 1978 a odlišuje se zejména výkonnějším motorem Lycoming (o 110 koňských silách), změnou vztakových klapek (ze 40 na 30 stupňové), změnou napětí v elektroinstalaci (28V), atd.

V současné době se cena tohoto typu pohybuje od 15000-35000 USD, v závislosti na roku výroby a samozřejmě i vybavení. Nový letoun C 152 byl v roce svého představení k dostání v hodnotě 14 900 USD.

Nepřekročitelná V_{NE}	141 KIAS
Maximální konstrukční cestovní V_{NO}	105 KIAS
Maximální manévrovací (obratová) V_A	95 KIAS
Maximální pro vysunutí klapek 10°-40° V_{FE}	85 KIAS
Pádová bez klapek V_{S1}	47 KIAS
Pádová s klapkami V_{S0}	42 KIAS
Maximální dokluz s vypnutým motorem $V_{BEST\ GLIDE}$	60 KIAS

Cestovní STOUPÁNÍ	65-75 KIAS
Nejrychlejší STOUPÁNÍ V_Y	62 KIAS
Nejlepší úhel STOUPÁNÍ V_X	56 KIAS
Ověřená složka bočního větru	13 kts $\approx 6,7$ m/s

1.4 Hmotnosti

Maximální vzletová MTOW	1600 lbs / 726 kg
Základní prázdná BEW	1146 lbs / 520 kg
Užitečné zatížení	456 lbs / 207 kg
Max. hmotnost nákladu v zavazadlovém prostoru	120 lbs / 54 kg

1.5 Otáčky motoru

Volnoběh	600 ot / min
Zahřívání motoru	1100-1200 ot / min
Cestovní	2300-2400 ot / min
Maximální	2750 ot / min
Stoupající letoun s plně otevřenou přípustí	2460-2560 ot / min

(ohřev karburátoru – vypnut, směs – bohatá, podmínky MSA na MSL)

1.6 Výkonnost

(Výška 1000 ft AMSL, teplota 30°C, bezvětří, hmotnost 1600 lbs, tráva)

Vzlet (klapky 0°)	1690 ft / 515 m (přes překážku 50 m)
Přistání (klapky 40°)	1353 ft / 412 m (přes překážku 50 m)

Rozjezd po zemi	1035 ft / 315 m
-----------------	-----------------

Dojezd 700 ft / 213 m

1.7 Povolené obraty (vstupní rychlost)

Ostré zatačky 95 KIAS

Svíčky 95 KIAS

Líné osmičky 95 KIAS

Vývrtky Použít pozvolné zpomalení

Pády	Použít pozvolné zpomalení
1. pád	
2. pád	
3. pád	
4. pád	
5. pád	
6. pád	
7. pád	
8. pád	
9. pád	
10. pád	
11. pád	
12. pád	
13. pád	
14. pád	
15. pád	
16. pád	
17. pád	
18. pád	
19. pád	
20. pád	
21. pád	
22. pád	
23. pád	
24. pád	
25. pád	
26. pád	
27. pád	
28. pád	
29. pád	
30. pád	
31. pád	
32. pád	
33. pád	
34. pád	
35. pád	
36. pád	
37. pád	
38. pád	
39. pád	
40. pád	
41. pád	
42. pád	
43. pád	
44. pád	
45. pád	
46. pád	
47. pád	
48. pád	
49. pád	
50. pád	
51. pád	
52. pád	
53. pád	
54. pád	
55. pád	
56. pád	
57. pád	
58. pád	
59. pád	
60. pád	
61. pád	
62. pád	
63. pád	
64. pád	
65. pád	
66. pád	
67. pád	
68. pád	
69. pád	
70. pád	
71. pád	
72. pád	
73. pád	
74. pád	
75. pád	
76. pád	
77. pád	
78. pád	
79. pád	
80. pád	
81. pád	
82. pád	
83. pád	
84. pád	
85. pád	
86. pád	
87. pád	
88. pád	
89. pád	
90. pád	
91. pád	
92. pád	
93. pád	
94. pád	
95. pád	
96. pád	
97. pád	
98. pád	
99. pád	
100. pád	

2 PŘÍSTROJE

Abychom dokázali letadlo bezpečně ovládat, musíme dobře poznat přístroje, na kterých se odvíjí další rozhodovací proces pilota. V následujících podkapitolách si rozebereme základní letové přístroje pro naše účely a zopakujeme si teoretický aparát, který bychom již měli bezpečně ovládat z předmětu Přístrojové Vybavení Letadel 1.

Jedná se o tzv. primární letové přístroje, mezi které patří: umělý horizont, výškoměr, zatačkoměr, který značíme též jako inklinometr, gyrokompas, rychloměr a sklonoměr.

Stojí za zmínku, že zatačkoměr není přítomný u „větších“ letounů létajících především za podmínek IFR (Boeing, Airbus, Cessna Citation, atp.), jedná se pochopitelně o provoz, který se řídí jinými pravidly. Přičemž my si z učebních a opakovacích důvodů popíšeme pouze některé z nich. Bude se jednat o teoretický rozbor částí, které nám později přímo navazují na letovou příručku Cessny C 152, avšak je vhodné, si v rámci samostudia, doplnit své znalosti ze skript Přístrojového vybavení Letadel 1.



Obrázek 1 – Primární letové přístroje

2.1 Rychloměr

Rychloměr je přístroj indikující rychlost letu.



Obrázek 2 – Rychloměr

2.1.1 Význam jednotlivých barevných oblouků a jejich ohraničení

Bílý oblouk - vyjadřuje rozsah rychlostí, v kterém je možný let v přistávací konfiguraci letounu (tj. vysunutý podvozek a vztlakové klapky). Začíná na pádové rychlosti v přistávací konfiguraci, na obrázku zhruba 65km/h (V_{SO}) a končí na maximální přípustné rychlosti s vysunutými vztlakovými klapkami, zde 115km/h (V_{FE}).

Zelený oblouk - vyjadřuje bezpečný rozsah letových rychlostí. Začíná na pádové rychlosti bez vysunutých klapek, zde 90km/h (V_{S1}) a končí na maximální normálně dovolené rychlosti, zde 180km/h (V_{NO}).

Žlutý oblouk - navazuje na oblouk zelený v V_{NO} , zde 180km/h a končí na maximální přípustné rychlosti letu (V_{NE}), zde 265km/h, která je označena červenou radiální čarou. Při letu v rozsahu žlutém oblouku je nutná zvýšená pozornost a většinou není možno používat plné výchylky řízení, aby nedošlo k překročení přípustného zatížení draku.

2.1.2 Zkratky používané pro druhy rychlosti

CAS -Kalibrovaná rychlost letu je indikovaná rychlost letounu opravená o polohovou a přístrojovou chybu. Kalibrovaná rychlost letu je rovna skutečné rychlosti letu v nulové výšce MSA.

EAS -Ekvivalentní rychlost letu je kalibrovaná rychlost letounu opravená o vliv adiabatické stlačitelnosti proudění v příslušné výšce. Ekvivalentní rychlost letu je rovna kalibrované rychlosti letu v nulové výšce MSA.

IAS - Indikovaná rychlost letu je rychlost letounu, kterou udává ukazatel jeho pitot-statické rychloměrné soustavy, jeho stupnice je upravena tak, že zahrnuje účinek adiabatické stlačitelnosti proudění v nulové výšce standardní atmosféry, ale neopravené o chyby rychloměrného systému.

TAS -Skutečná rychlost letu znamená rychlost letounu vzhledem k nerozrušenému vzduchu. Skutečná rychlost letu je rovna ekvivalentní rychlosti letu, násobená poměrem.

$$(C_o/C)^{1/2}.$$

C_o = měrná hmotnost vzduchu v nulové výšce

C = měrná hmotnost vzduchu v dané výšce

V_{TR} - Rychlost traťová

V_{GS} - Ground speed

Rychlost pravá vzdušná + oprava vlivu větru – oprava rychlosti vzniklých v důsledku působení větru na letadlo. Tuto rychlost zjistíme výpočtem z navigačního trojúhelníku, z GPS, FMS, INS ...

M... (Mach number) - Machovo číslo

Rychlost vyjádřená poměrem pravé vzdušné rychlosti a rychlosti zvuku v daném prostředí. V podstatě jiné vyjádření V_{TAS} . Má význam při okolozvukových a nadzvukových rychlostech letu. Machovo číslo nemá žádný význam pro navigaci, je však limitujícím faktorem pro pevnost konstrukce letadla.

V některých starších příručkách se používá jiné označení pro tyto rychlosti. V_{EAS} je označená jako V_I a V_{IAS} jako V_{PR} (př. jako přístrojová), podobně je to i v ruských publikacích.

Základem pro fungování systému měření relativní rychlosti je rozdíl snímaných vzdušných tlaků. Relativní rychlostí rozumíme rychlost letounu, který se pohybuje ve vzduchu, nebo také rychlost vzduchu, který se pohybuje kolem letounu.

Bude-li na stojící letadlo foukat vzduch rychlostí 60km/h, je to jako by se letoun pohyboval rychlostí 60km/h ve vzduchu. Na rychloměru se ukáže 60 km/h!

2.1.3 Snímače tlaku

Zjednodušeně můžeme říci, že pro měření relativní rychlosti potřebujeme snímač tlaku, zařízení na určení rozdílu tlaků a budík, který tento rozdíl ukáže pilotovi, a převede jej na jemu známé jednotky. Jako snímač se v dnešní době využívají tlakové trubice – PITOSTATICKÁ TRUBICE nebo VENTURIHO. Tyto trubice snímají celkový a statický tlak. Po jejich vzájemném odečtení získáme kinetický (nebo také dynamický) tlak. Statický tlak je tlak plynu, který se nepohybuje. Kinetický a dynamický tlak je u pohybujícího se plynu. Rozdíl mezi kinetickým a dynamickým tlakem je, že u kinetického tlaku neuvažujeme stlačitelnost plynu, dynamický tlak je již ovlivněn stlačitelností. V letectví používáme termín kinetický tlak do rychlosti cca. 400 km/h (v některých publikacích až 600km/h), termín dynamický tlak nad 400km/h do rychlosti Mach=1 .

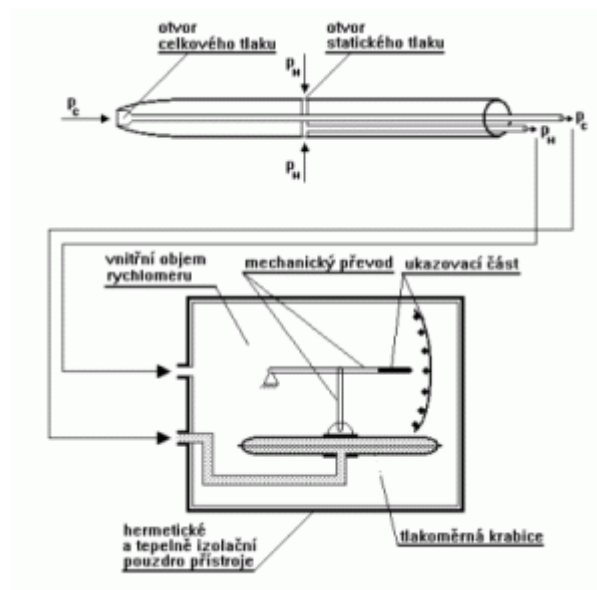
Pozn. Vedle kinetického, dynamického tlaku rozlišujeme ještě termín náporový tlak, ten však užíváme při nadzvukových rychlostech. V tomto článku pro nás nemá význam.

Pro vyhodnocení tohoto rozdílu tlaků, získaných z tlakových trubic se používají TLAKOMĚRNÉ KRABICE. Celkový tlak je přiváděn ze snímače do této krabice. Statický tlak se přivádí do pouzdra přístroje. Na rozdíl těchto tlaků reaguje krabice zdvihem čela, čímž indikuje kinetický tlak dle vztahu:

$$P_{\text{celkový}} = P_{\text{statický}} + P_{\text{dynamický}} \gg$$

$$P_{\text{dynamický}} = P_{\text{celkový}} - P_{\text{statický}} \gg$$

$$V = [2 \times P_{\text{DYNAMICKÝ}} / \rho_{\text{VZD}}]^{1/2}$$

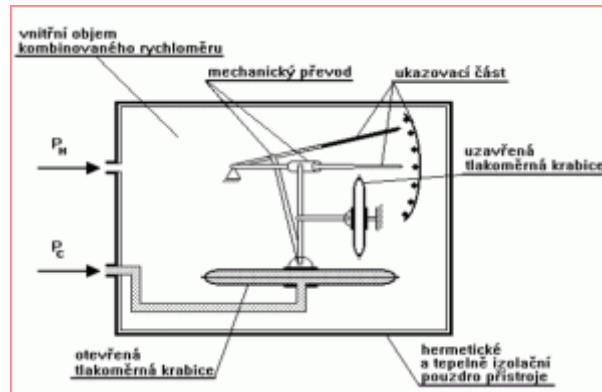


Obrázek 3 – Schéma jednoduchého rychloměru

Zdvih čela z tlakoměrné krabice je přes převody, různé korekční mechanismy, a další „šoupátka“, přenesen až na ručičku rychloměru. INDIKÁTOR RYCHLOSTI je tedy ručička „pobíhající“ po kruhové stupnici. Stupnice většinou začíná na vyšších hodnotách, u malých letadel okolo 40km/h z důvodu malého rozdílu celkového a statického tlaku při těchto rychlostech.

Kdybychom však udělali jednoduchý rychloměr bez oprav získaných tlaků, umístili bychom ho na letadlo a neuvažovali bychom vzniklé chyby jak snímačů, tlakoměrné krabice, převodního mechanismu, nebo třeba změny statického tlaku s výškou, dostali bychom pouze velmi nepřesné a spíše nesprávné údaje o rychlosti.

Pozn. - Pokud budete mít v letounu rychloměr, který Vám ukazuje V_{EAS} a poletíte rychlostí např. 100km/h ve výšce 2 000 m bude Vaše skutečná rychlost vůči vzduchu 90km/h . atd. Proto se do letounů, který dosahují větších výšek dává jak rychloměr indikující V_{EAS} tak i V_{TAS} . Například v letounu L-39 Albatros je tento přístroj sdružený v jeden. Tlustá ručička je V_{EAS} a tenká V_{TAS} .



Obrázek 4 – Schema jednoduchého rychloměru s ukazatelem EAS a TAS

Pozn. Pro účely navigace je důležitá rychlost V_{TAS} , aby pilot věděl jakou rychlostí letí vůči vzduchu a mohl si spočítat trasu, avšak pro letovou obálku je důležitá rychlost V_{EAS} , protože například pádová rychlost V_{EAS} je ve všech výškách stejná. To bohužel neplatí pro V_{TAS} .

Pozn. Pro lety ve výškách do 2km a do rychlosti letu 400km/h můžeme považovat rychlosti V_{IAS} V_{TAS} V_{EAS} za stejné, nebo velmi podobné.“[4]

2.1.4 Definice významných rychlostí

- V_A - Návrhová obratová rychlost. V_R – Rotate speed, rychlost, při které se nadzvedává předový podvozek (proudové let.)
- V_1 – Po překročení této rychlosti již nelze z důvodu nedostačující délky RWY přerušit vzlet (proudové let.)
- V_2 – Rychlost, kdy je letoun schopen vzletět při vysazení jednoho motoru (proudové letadlo).
- V_{NE} – Maximálně nepřekročitelná rychlost letu.
- V_{SI} – Pádová rychlost nebo minimálně rychlost ustáleného letu v jiných specifikovaných konfiguracích.
- V_{S1} – pádová rychlost při vzletové konfiguraci
- V_S – stall speed

- V_{SO} – stall speed, pádová rychlost při přetížení 1g v přistávací konfiguraci (podvozek vysunut, vztlakové klapky v poloze přistání)
- V_{FE} – flaps extended speed, maximální rychlost pro let s otevřenými vztlakovými klapkami
- V_{NO} – normal operating speed, maximální rychlost, při které nelze žádným zásahem do řízení překročit maximální povolený násobek letounu, tuto rychlost lze nazvat maximální cestovní, nebo návrhová obratová
- V_{IAS} – indicated air speed, indikovaná vzdušná rychlost
- V_{TAS} – true air speed, pravá vzdušná rychlost
- V_{CAS} – calibrated air speed, kalibrovaná rychlost
- V_{GS} – ground speed, traťová rychlost
- V_{LO} – maximální rychlost pro ovládání podvozku
- V_{LE} – maximální rychlost pro let s otevřeným podvozkem
- V_{YSE} – rychlost pro největší rychlost stoupání při letu na jeden motor (u dvoumotorových letounů)
- $V_{MCA, MCL, MCG}$ – minimální rychlosti říditelnosti (vícemotorové let.)
- M – machovo číslo
- M_{MO} – limitní machovo číslo
- M_{KR} – kritické machovo číslo

2.2 Výškoměr



Obrázek 5 – Tříručkový výškoměr cejkovaný ve stopách (použitý na C 152)

Barometrické výškoměry jsou přístroje sloužící k měření výšky letadla na základě snímání statického tlaku vzduchu. Barometrické výškoměry mají na stupnici vynesené jednotlivé značky, vymezující dílky pro odečítání výšky letu. Z definovaných teoretických vztahů plyne, že každému statickému tlaku vzduchu jednoznačně odpovídá určitá výška.

Aerometrické výškoměry jsou vlastně tlakoměry statického tlaku s korekcemi na barometrický tlak a teplotu. Variometry jsou diferenční tlakoměry.

2.2.1 Mechanické části barometrického výškoměru

- uzavřené tlakoměrné krabice
- převodového mechanismu
- ukazovací části
- mechanismu nastavení tlaku
- pouzdro s potrubní (nebo hadicovou) přírubou

Do pouzdra přístroje je potrubím veden statický tlak vzduchu od snímače statického tlaku. Tento tlak působí na uzavřenou tlakoměrnou krabici. Při zvětšení výšky letu klesne

statický tlak vzduchu v okolí letadla, a tedy i uvnitř pouzdra výškoměru. Pokles statického tlaku způsobí zdvih uzavřené tlakoměrné krabice, který je upraven a přenesen na ručku prostřednictvím mechanického převodu přístroje

Ukazovací části barometrických výškoměrů musí být snadno čitelné a přehledné. Pracovní rozsah výškoměrů bývá od nuly do 6 až 30 km. Odečítací přenos musí být minimálně 10 m. Požadavek vysoké přesnosti a značného rozsahu měření vede k potřebě několika indikátorů k popisu příslušné výšky. Z toho vyplývá značná složitost uspořádání samotného přístroje a mechanický převod s velmi vysokým převodovým poměrem.

2.2.2 Kategorie barometrického výškoměru

- výškoměr metrický dvouručičkový (velká ručička – 100m / malá ručička 1000m)
- stopový výškoměr s ručkou a bubínkovým počítadlem (ručka – 100ft / počítadlo 100+1000+10000)
- výškoměr s páskovými stupnicemi (pohyblivé pásy indikují 10+100+1000m)
- tříručičkový výškoměr cejchovaný ve stopách (velká ručka – 100 ft / střední ručka 1 000ft / malá ručka 10 000 ft)
- metrický výškoměr s ručkou a počítadlem cejchovaný ve stopách (ručka – 100m / počítadlo 1 000+10 000m).

Výškoměry cejchované ve stopách mají asi třikrát větší odečítací přesnost než výškoměry cejchované v metrech. V mezinárodním letovém provozu jsou přidělovány letové hladiny ve stopách.

2.2.3 Letecké Q-kódy používané při barometrických měřeních výšky letu

QFE = statický tlak opravený vzhledem k definovanému bodu o stanovené nadmořské výšce letiště. Výškoměr (barometrický) nastavený na QFE indikuje NULOVOU výšku.

QNH = statický tlak přepočtený vzhledem ke střední hladině moře (světového moře – SHM), při respektování standardního teplotního profilu (podle MSA), mezi meteorologickou stanicí letiště a střední hladinou moře. Na zemi položený

barometrický výškoměr s nastaveným statickým tlakem na hodnotu QNH letiště indikuje nadmořskou výšku letiště.

QFF = je barometrický tlak redukováný ke střední hladině moře za předpokladu izotermické atmosféry mezi letištním meteorologickou stanicí a střední hladinou moře, při použití aktuálních teplot. Rozdíl mezi QFF a QNH může být významný, jestliže skutečné meteorologické atmosférické podmínky budou značně odlišné od podmínek stanovených v MSA (například u horských nebo tropických letišť).

QNE = je standardní statický tlak zemské atmosféry. Na úrovni střední hladiny moře má hodnotu 101325 Pa. Je-li tento tlak nastaven na tlakové stupnici barometrického výškoměru umístěného v letadle, pak je označována termínem QNE. Značně je rozšířen pojem tlaková výška („pressure altitude“), který je alternativně definován jako jakákoliv standardní výška měřená vzhledem ke standardní výšce odpovídající tlaku 1013,25 hPa (101325 Pa).

2.2.4 Chyby výškoměru

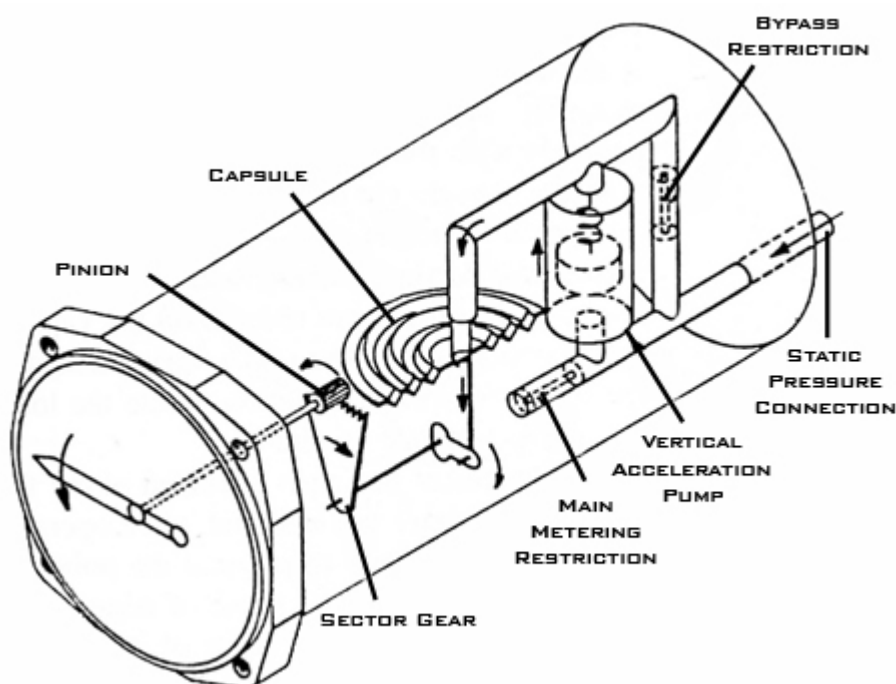
Výškoměry mají chyby metody měření a chyby přístrojové. Z hlediska dodržování stanovené výšky při letu se ještě někdy uvádí – letově-technická chyba. Letově-technická chyba je způsobena pilotem, ale rovněž vnějšími vlivy na letadlo (např. atmosférickými).

2.3 Variometr

Variometr (Rate of Climb indicator – RCI) / (Vertical Speed indicator – VSI) měří vertikální složku vzdušné rychlosti letadla. To znamená, že měří rychlost stoupání nebo klesání v m/sec nebo ft/min. Variometry se dělí na membránové nebo křídélkové. Oba uvedené typy jsou založené na principu měření rychlosti změny statického tlaku vzduchu při stoupání či klesání letadla. Jiný způsob měření vertikální rychlosti letu je inerčním navigačním systémem.



Obrázek 6 – Variometr (feetový)



Obrázek 7 – Variometr (feetový) - řez přístroje

Statický tlak je přiváděn do vzduchotěsného tepelně izolačního pouzdra přístroje. U bezmotorových letadel má variometr, pro zvýšení citlivosti, k pouzdru přístroje potrubím připojen vnější přídavný objem v podobě termolahví (nádob s dvojími stěnami). Změny okolní teploty jen minimálně ovlivňují teplotu vzduchu uvnitř láhve, protože z prostoru

mezi stěnami je při výrobě vyčerpán vzduch. Vzduch o statickém tlaku je přiveden do otevřené tlakoměrné krabice a přes kapiláru i do pouzdra variometru. Při vodorovném letu jsou tlaky uvnitř pouzdra přístroje vyrovnány a krabice nevykazuje žádný zdvih. Jestliže letadlo začne např. stoupat, tzn. změní se vertikální složka pohybu, pak tlak vzduchu v okolí letadla klesá a vzduch bude vytékat z okolí tlakoměrné krabice i zevnitř pouzdra variometru potrubím statického systému ven do atmosféry. Vzduch zevnitř tlakoměrné krabice vyteče velmi rychle, ale velice pomalu vytéká zevnitř pouzdra přístroje. To je způsobeno tím, že je brzděn kapilárou charakterizující pneumatický odpor. Proto bude tlak uvnitř pouzdra přístroje větší než tlak uvnitř tlakoměrné krabice. Tento rozdíl tlaků způsobí zdvih tlakoměrné krabice směrem dolů, a tedy i natočení ručky přístroje směrem vzhůru. Po přechodu do letu s konstantní výškou se postupně tlak uvnitř pouzdra přístroje vyrovná s tlakem uvnitř tlakoměrné krabice. Rozdíl tlaků i zdvih krabice, bude rovněž nulový a variometr bude indikovat nulovou vertikální rychlost. Při klesání (při rostoucím statickém tlaku) teče vzduch do variometru. Do otevřené tlakoměrné krabice nateče velmi rychle, ale do pouzdra přístroje teče podstatně pomaleji přes kapiláru. Nyní je v tlakoměrné krabici vyšší tlak než v pouzdru přístroje. Variometr indikuje, že letadlo má určitou rychlost klesání. Tlaky se uvnitř a vně krabice vyrovnají a zdvih krabice, tedy i výchylka ručky zanikne po přechodu do letu s konstantní výškou.

2.4 Umělý Horizont

Umělý horizont je letecký přístroj, který zobrazuje skutečnou vodorovnou rovinu bez ohledu na dynamické síly, působící na letadlo. Fungování mechanického umělého horizontu je založeno na principu setrvačníku. Uvnitř koule, zobrazující umělý horizont, je setrvačník s osou kolmou k zemskému povrchu. Koule samotná je umístěna v závěsech, které umožňují její otáčení do všech stran a napájení elektrickým proudem. Po zapnutí se setrvačník roztočí a udržuje přístroj ve stále stejné poloze vůči zemskému povrchu.

*Obrázek 8 – Umělý horizont*

2.5 Směrový setrvačnick

Jedná se o přístroj, pomocí kterého jsme schopni ihned odečíst letěný kurs (heading). Jedná se o podobný princip, jako u magnetického kompasu, jen indikace u směrového setrvačnicku je bez zpoždění a chyb. Díky tomu, že směrový setrvačnick funguje na principu gyroskopu, vyznačuje se velkou přesností v zatáčkách a při zrychlování nebo zpomalování. Nicméně jeho nevýhodou je rozcházení indikace polohy (oproti magnetickému kompasu). Tuto nežádoucí vlastnost musíme (podle předpisu) každých 20 minut eliminovat seřizováním podle magnetického kompasu. Abychom docílili přesného seřízení, zvláště během letu, potřebujeme seřizování provádět v horizontálním letu.

*Obrázek 9 – Směrový setrvačnick*

2.6 Zatáčkoměr

Zatáčkoměry jsou gyroskopické přístroje o dvou stupních volnosti a slouží k měření úhlových rychlostí. Mají pouze jeden Cardanův rám, který nese vlastní rotor gyroskopu a současně umožňuje rotoru otáčet se kolem osy kolmé na hlavní rovinu rotace. Slouží především pro usnadnění a dodržení přímočarého letu. Zatáčkoměr měří úhlovou rychlost zatačení, tedy rotace letadla kolem místní vertikály. Zatáčkoměr bývá vždy konstrukčně doplněn relativním sklonoměrem („kuličkou“). Často se variometr a zatáčkoměr slučují do jednoho přístroje. Rotační osa Casanova rámu je pak obvykle ve směru bočné osy letadla Y.



Obrázek 10 – Zatáčkoměr

3 OBSLUHA LETOUNU

Abychom mohli začít s praktickým létáním, musíme se nejprve spolehlivě seznámit se samotným letounem. Potřebujeme si uvědomit koncepci a logiku s jakou bylo letadlo navrženo a s jakou jej budeme ovládat. Nejprve se tedy seznámíme s přístroji na palubě a jejich rozmístěním, ovladači, radiovým vybavením a odpovídačem sekundárního radru SSR. Spolehlivá a bezpečná pilotáž není možná, pokud pilot nebude znát perfektně svůj letoun. Chuck Yeager se učil úkony a ovládání avioniky tak dlouho, dokud je neuměl provádět nazpaměť a poslepu.

Před nastoupením do letadla si potřebujeme projít nezbytnou dokumentaci, kterou musíme mít na palubě během provádění letu.

Pro naše potřeby „simulátorové“ létání nemusíme brát v úvahu, některé administrativní a technické náležitosti, ale abychom se přiblížili reálnému procesu rozhodování u pilota, alespoň si připomeňme určité základní aspekty.

Je povinností pilota, aby před každým letem zkontroloval platnost všech dokladů, což zahrnuje i doklad o údržbě letounu.

3.1 Dokumentace pro piloty

Dokumentace pro piloty zahrnuje:

- průkaz způsobilosti
- zápisník letů
- osvědčení o zdravotní způsobilosti
- průkaz radiotelefonisty
- průkaz totožnosti
- aktuální letecká mapa

3.2 Dokumentace letadla

Dokumentace pro letadla zahrnuje:

- osvědčení o zápisu do leteckého rejstříku
- platné osvědčení letové způsobilosti (OLZ, ARC)
- platné povolení palubní radiostanice
- platné osvědčení o údržbě a uvolnění do provozu
- platné zákonné pojištění
- letová příručka
- palubní deník

3.3 Důležité úkony

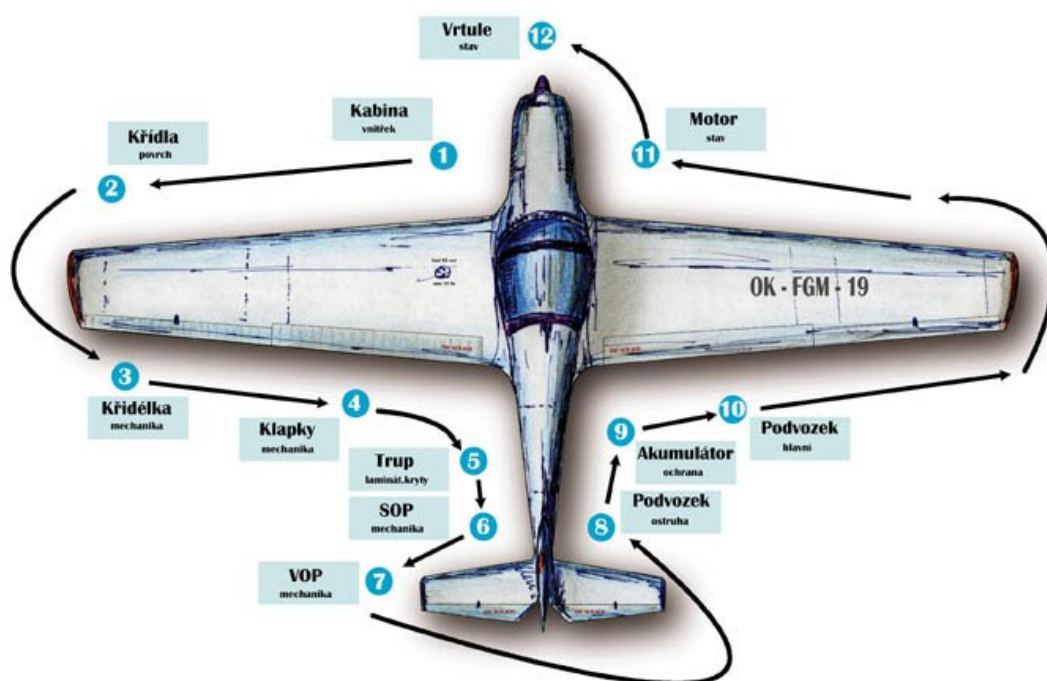
Před každým letem, v reálném provozu, musí pilot provést předletovou prohlídku letounu (*preflight inspection*). *Preflight inspection* provádíme v souladu s letovou příručkou. Je to poslední možnost odhalit případné nedostatky letadla, které by mohly mít nepříznivý vliv na let, nebo dokonce způsobit katastrofu. Obchůzka letounu se provádí kontrolou, která začíná nejprve v kabině letounu a dále se postupuje směrem ke stabilizátoru, kolem směrovky k pravému křídlu, okolo motoru, levého křídla zpět ke dveřím pilota, kde je prohlídka skončena. V rozsahu této práce se nebudeme zabývat bližšími detaily, ty si v reálném provozu dohledáme v letové příručce.

Podle letové příručky pilot provádí i následující důležité úkony (DÚ), které začínají vstupem pilota do kabiny letadla, dále se týkají jednotlivých fází letu a končí bezpečným vystoupením letové posádky.

Pro naši potřebu budeme pracovat s letovou příručkou letounu Cessna C 152. Důležité úkony, které jsou v ní uvedeny jsou sestaveny v logické souslednosti na základě dlouholetých zkušeností a ověřených postupů. Důležité úkony mají stanovené pořadí. Je dobré, aby si každý pilot stanovil vlastní systém (postup), ve které části kabiny začne a ve

kteří skončí. To napomáhá k tomu, aby na něco nezapomněl. Je důležité upozornit ty z vás, kteří létají současně více typů (příčemž u každého si takto vytvářejí tímto systémem provozní postup důležitých úkonů), aby nastavovali jednotlivé prvky letadla s bdělostí a pozorností!

Rozdílné typy letounů, mohou mít i rozdílnou logiku ovládání spínačů, jednotlivých komponentů, na letadle. Občas se stává, že si pilot na vyčkávacím stanovišti před vzletem, zavře přívod paliva do polohy OFF a to s nejlepším míněním, že udělal opak. Důsledkem je později ostrý „nácvik“ nouzového přistání do pole za dráhou. Příčinou je nepozornost v závislosti na podvědomém nastavování systémů letadla bez bdělosti a zpětné kontroly.



Obrázek 11 – Předletová prohlídka letounu (preflight inspection)

3.3.1 Po nástupu do kabiny

Předletová prohlídka:	PROVEDENA
Poučení cestujícího Sedačky, upínací pásy:	PROVEDENO
Palivový kohout:	ON
Avionika:	VYPNUTA

Elektrické vybavení:	VYPNUTO
Maják:	ZAPNUT
Okruhové jističe:	ZASUNUTY
Brzdy:	ZABRŽDĚNO

3.3.2 Spouštění motoru

Směs:	BOHATÁ
Přípust':	PODLE POTŘEBY
Ohřev karburátoru:	VYPNUT
Nastřikovací pumpa:	PODLE POTŘEBY
Prostor vrtule:	VOLNO
Hlavní vypínač:	ZAPNUT
Startér:	ZAPNOUT (max.10sec)
Tlak oleje:	INDIKOVÁN DO 30 SEC
Přípust':	1000 ot/min

3.3.3 PŘED POJÍŽDĚNÍM

Avionika:	ZAPNUTA
Odpovídač:	KÓD NASTAVEN, STBY
Klapky:	ZASUNUTY
Osvětlení:	MAJÁK, POZIČNÍ SVĚTLA
Brzdy:	ZKOUŠKA BRZD

3.3.4 Na vyčkávacím místě

Brzdy:	ZABRŽDĚNO
Dveře, okna:	ZAVŘENY, ZAJIŠTĚNY
Upínací pásy, sedačky:	ZAJIŠTĚNY
Kontrola volnosti řízení:	PROVEDENA
Palivový kohout:	ON
Vyvážení:	VZLET
Směs:	BOHATÁ
Přípust':	1700 ot/min
Zkouška magnet:	L, P, L+P (max. pokles 125 otáček)
Ohřev karburátoru:	ZAPNUT/VYPNUT (pokles otáček)
Ampérmetr:	DOBÍJENÍ
Motorové přístroje:	HODNOTY V ZELENÉM POLI
Suction:	V ZELENÉM POLI (4-5)
Přípust':	1000 -1200 ot/min
Výškoměr:	QNH NASTAVENO
Směrový setrvačnick:	SEŘÍZEN PODLE KOMPASU
Radiostanice:	FREKVENCE NASTAVENY
Klapky:	VZLET (0 -10)
Kontrola dráhy a finále:	PROVEDENA, VOLNO

3.3.5 Před vzletem

Palivový kohout:	ON
Směs:	BOHATÁ
Ohřev karburátoru:	VYPNUT
Motorové přístroje:	V ZELENÉM POLI
Množství paliva:	KONTROLA
Odpovídač:	ALT
Čas:	ZAPSÁN

3.3.6 Po vzletu

Rychlost:	70 KIAS
Kola:	ZABRZDIT
Přípust':	STOUPACÍ VÝKON
Klapky:	V BEZPEČNÉ VÝŠCE ZASUNOUT

3.3.7 Po větru

Palivový kohout:	ON
Směs:	BOHATÁ
Ohřev karburátoru:	VYPNUT
Motorové přístroje:	V ZELENÉM POLI
Množství paliva:	KONTROLA
Brzdy:	KONTROLA
Upínací pásy:	DOTAŽENY

Hlášení:	PO VĚTRU
----------	----------

3.3.8 Base leg

Ohřev karburátoru:	70 KIAS
--------------------	---------

Klapky:	PODLE POTŘEBY
---------	---------------

Vyvážení:	VYVÁŽIT
-----------	---------

Hlášení:	FINÁLE
----------	--------

3.3.9 Po přistání

Klapky:	ZASUNOUT
---------	----------

Ohřev karburátoru:	VYPNOUT
--------------------	---------

Odpovídač:	STBY
------------	------

Čas:	ZAPSAT
------	--------

3.3.10 Vypnutí motoru

Přípust':	1000-1200 ot/min
-----------	------------------

Avionika:	VYPNOUT
-----------	---------

Odpovídač:	VYPNOUT
------------	---------

Osvětlení:	VYPNOUT
------------	---------

Směs:	CHUDÁ
-------	-------

Magneta:	VYPNOUT
----------	---------

Hlavní vypínač:	VYPNOUT
-----------------	---------

4 KOMUNIKACE

Jelikož se ve vzdušném prostoru nepohybujeme sami, ale potřebujeme svoje úmysly a zamyšlené procedury synchronizovat s ostatním leteckým provozem, je nezbytné plynule ovládat umění radiové komunikace.

Komunikace má svá pravidla, která jsou definovaná leteckým předpisem. Pro létání v rámci České Republiky veškeré potřebné informace nalezneme v předpisu L Frazologie.

Tabulka 1 – Způsob podávání hlášení

<i>Předávaná hlášení</i>	<i>Řízené letiště</i>	<i>Neřízené (AFIS)</i>
po nahození, žádám pojíždět		oznamuji kam jedu (dráha 0)
na vyčkávacím, vstup na VPD	oznámím připravenost	oznamuji, že vstupuji na VPD
na VPD, provedení vzletu	připraven na VPD	oznamuji, že vzlétám z VPD
po vzletu	tam, kde mám přikázáno	oznamuji opuštění okruhu
opuštění CTR/AFIS	poloha	oznamuji opuštění zóny / poloha
před vstupem do CTR/AFIS	3 minuty před vstupem/poloha	oznamuji vstup / poloha
ukončení činnosti v prostoru	oznámím ukončení, žádám návrat	oznamuji, co budu dělat
při návratu polohy	na vyžádání LSŘL	oznamuji, kde jsem (dle uvážení)
po větru	oznámení, čekám na pořadí	oznamuji L/P okruh dráhy
na finále pro přistání	oznámení, čekám na povolení přistát	oznamuji polohu
po uvolnění VPD	oznámím a žádám pojíždění	oznamuji uvolnění VPD a pojíždění kam
na stojánce před vypnutím	uvolnění ze spojení	

5 PROSTORY

5.1 Rozdělení vzdušného prostoru v ČR

Vzdušný prostor České Republiky je podle AIPu (ENR) rozdělen do čtyř klasifikačních tříd (C,D,E,G – nebo chcete-li řazení, které je definované od země – G,E,D,C), které jsou srovnatelné s těmi, které doporučuje ICAO. Tyto prostory jsou definované horizontálními hranicemi a platí v nich jasně definovaná pravidla, která například řeší:

- jaké typy letů lze v daném prostoru provádět (Instrument Flight Rules – IFR, Visual Flight Rules - VFR)
- zda a jaké služby poskytují stanoviště Řízení Letového Provozu (ŘLP)
- jaké jsou minimální meteorologické podmínky (VMC) - pro lety VFR
- omezení rychlosti
- požadavky na radiové spojení
- požadavek na letový odpovídač na palubě (v příslušném módu)
- nutnost podání letového plánu (letového povolení) při letu v prostoru dané třídy

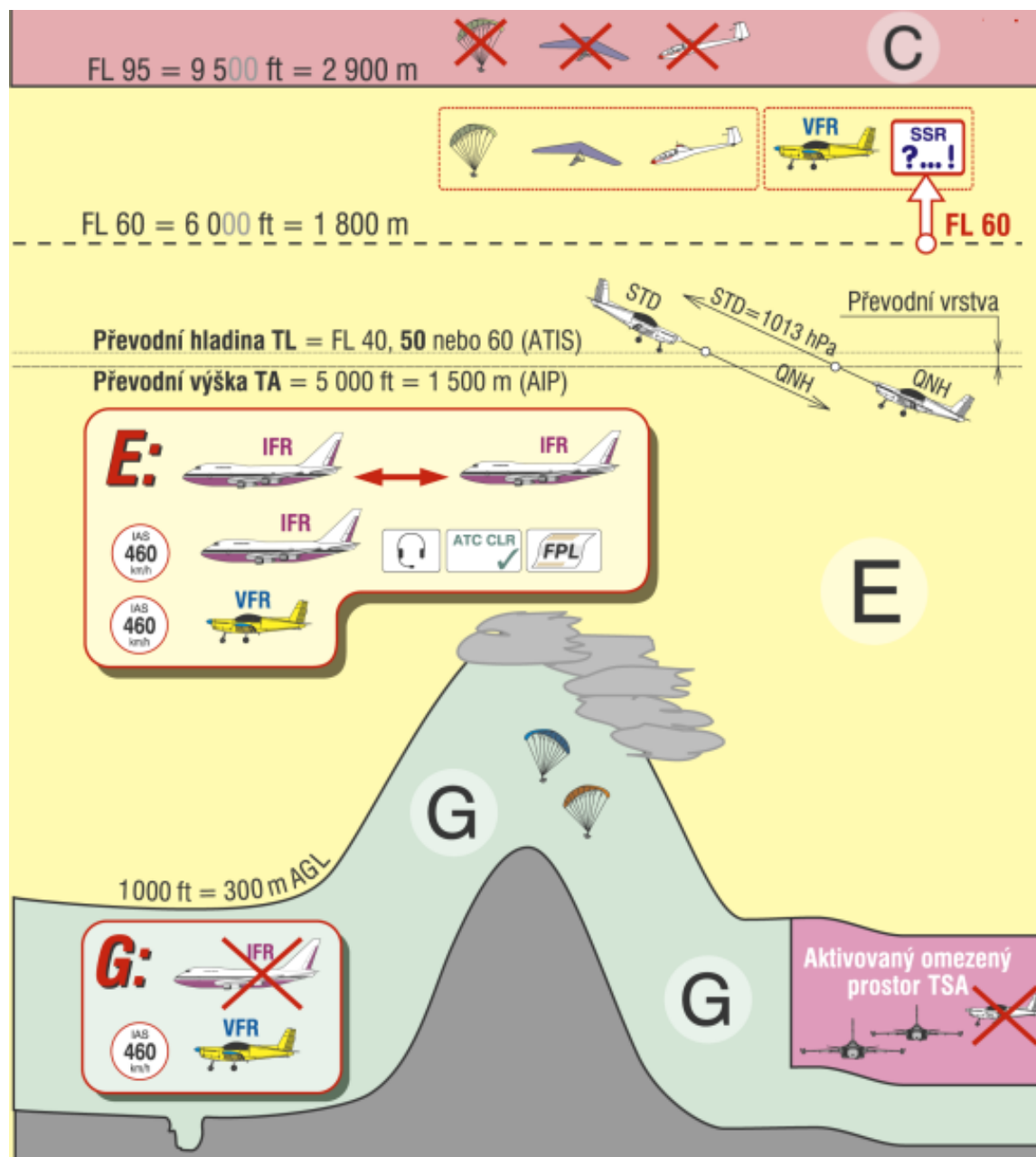
Vzdušný prostor v rámci České Republiky

- I. FIR – Letová informační oblast (dělí na: řízenou a neřízenou)
- II. Řízený okrsek (CTR, MCTR)
- III. Koncová řízená oblast (TMA, MTMA)
- IV. Řízená oblast (CTA)
- V. Letištní provozní zóna (ATZ)
- VI. Ostatní prostory (TRA, TSA, P, D, R)

V rámci ČR máme pouze jeden FIR (PRAHA).

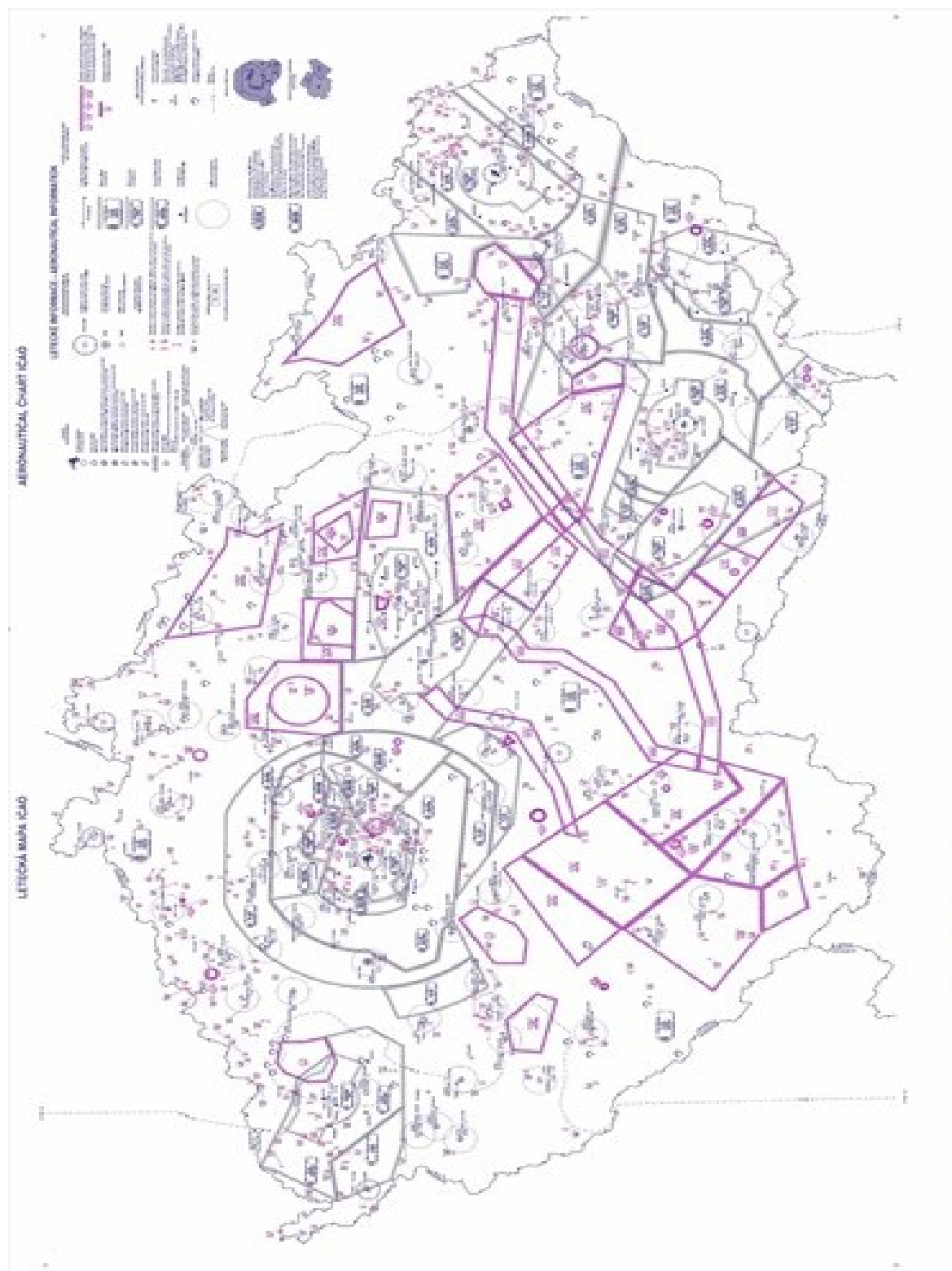
Třídy (C,D,E,G – nebo chcete-li řazení, které je definované od země – G,E,D,C) vzdušného prostoru jsou rozděleny horizontálními hranicemi a platí v nich jasně definovaná pravidla, která například řeší:

- jaké typy letů lze v daném prostoru provádět (Instrument Flight Rules – IFR, Visual Flight Rules - VFR)
- zda a jaké služby poskytují stanoviště Řízení Letového Provozu (ŘLP)
- jaké jsou minimální meteorologické podmínky (VMC) - pro lety VFR
- omezení rychlosti
- požadavky na radiové spojení
- požadavek na letový odpovídač na palubě (v příslušném módu)
- nutnost podání letového plánu (letového povolení) při letu v prostoru dané třídy



Obrázek 12 – Zjednodušené schéma - rozdělení tříd vzdušného prostoru

Obrázek 13 – ICAO mapa - poloha prostorů v rámci ČR



V definované vzdálenosti (v okolí) „velkých“ letišť jsou vytvořené oblasti CTR - řízený okresek a TMA - koncová řízená oblast. V případě vojenského letiště je stanoven tzv.

MCTR – vojenský řízený okrsek a MTMA – vojenská koncová řízená oblast. Přesně stanovenou rozlohu daných prostorů najdeme v letecké mapě, která jasně definuje vertikální i horizontální rozhraní. Vzdušný prostor v řízených oblastech, v rámci České Republiky, je stanoven jako třída D (CTR a TMA). Vyjimku tvoří letiště LKPR (Praha – Ruzyně), která má prostor TMA Praha definován, jako prostor třídy C.

CTR je nejmenší než TMA. CTR sahá od země do definované výšky (altitude). Charakteristickou rozlohou je kruh 9 NM okolo letiště. TMA je horizontálně větší, ale jeho spodní hranice není definována od země, ale od určité výšky. Horní hranice je zpravidla ve FL 125 s výjimkou TMA Praha, kde je ve FL 145. Horizontální hranice je vyznačena na mapě a sahá v případě Ruzyně maximálně 30 NM od letiště (nejširší pásmo v ose dráhy). CTR i TMA nejsou vyloženy kružnice, jsou to obrazce okolo radio-majáků. Například v Praze se vzájemně prolínají CTR Ruzyně, CTR Vodochody a MCTR Kbely. V tomto případě se potřebujeme seznámit s příslušnými parametry (AIP, mapy).

Česká republika	SRN	Rakousko	Polsko	Slovenská Rep.
C > FL 95	C > FL 95	C > FL 125	C > FL 95	C
E 1000 ft AGL	E 2500 ft AGL	E 4500 (5500)ft AMSL nebo 1000ft AGL co je vyšší	G	8000 ft AMSL nebo 1000 ft AGL co je vyšší
G	G	G	G	G

Obrázek 14 – Srovnání výškového členění - tříd vzdušných prostorů u ostatních států

Provoz v CTR řídí věž (TWR), popřípadě na zemi, při pojiždění na letišti, je provoz usměrňován řídicím stanovištěm ground (GND). V prostorech TMA je provoz řízen přiblížovací službou (APProach, Radar). Ve vzdušných prostorech mimo TMA, je letecký provoz řízen oblastní službou Řízení Letového Provozu (např. Brno radar, Praha radar, atp.).

6 ZÁKLADY AERODYNAMIKY A MECHANIKY LETU

Nemá smysl pokračovat dál ve vysvětlování techniky pilotáže, jestliže nemáme základní poznatky, proč vlastně letadlo letí a dobře nepoznáme prostředí, v jakém se pohybuje. Na úvod si řekneme několik základních teoretických prvků.

Aerodynamikou rozumíme část fyziky, která se zabývá silovým působením vzduchu při obtékání těles. Silovým působením rozumíme dynamické působení. Aerodynamika nám objasňuje základní principy létání u strojů těžších než je vzduch. Tyto principy se pak stávají podkladem pro výkony letadel, jejich stabilitu a samozřejmě řiditelnost. Tím nám vzniká další obor, který nazýváme mechanika letu.

6.1 Proudění vzduchu

Při malých rychlostech - do 600 km/h se vzduch chová jako ideální tekutina, protože má velmi malou viskozitu. I když je vzduch obecně stlačitelný, tak v tomto případě je nestlačitelný a lze pro něj použít hydromechanické zákony.

Abychom si mohli proudění definovat v praxi, potřebujeme si v ustáleném proudění znázornit dráhu vybrané částice vzduchu, tzv. proudnici. Soustava proudnic pak tvoří proudovou trubici, která je vymezená v proudícím vzduchu. Proudění máme laminární a turbulentní.

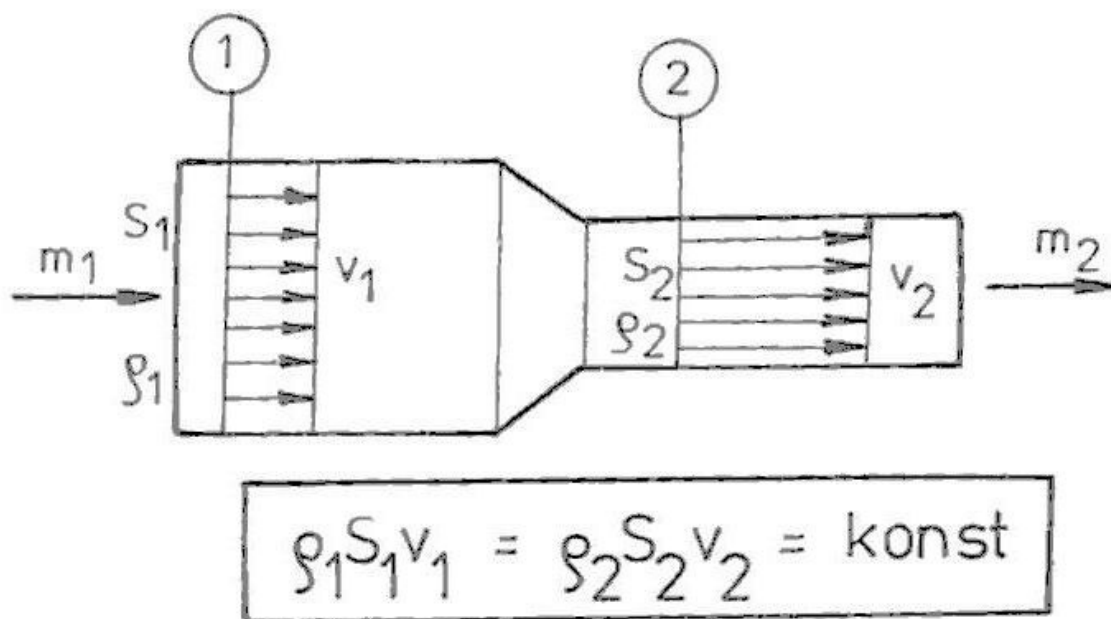
6.1.1 Rovnice spojitosti (kontinuity)

Rovnici kontinuity proudění získáme vyjádřením zákona o zachování hmoty v proudové trubici. K tomu uvažujeme, že je vzduch o stálé hustotě a je nestlačitelný. Tehdy platí tato rovnice: $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = \text{konst}$

S ...průřez trubice v daném místě

v ...rychlost proudění vzduchu v daném místě

Z uvedeného vyplývá, že při dvojnásobném zvětšení průřezu trubice se rychlost proudění dvakrát zmenší a naopak. Veličiny S , v jsou ve vzájemném vztahu nepřímé úměrnosti.



Obrázek 15 – Poměry při proudění trubici o zužujícím se průřezu-rovnice kontinuity

6.1.2 Bernoulliho rovnice

Vyjadřuje zákon o zachování celkové energie při spojitém proudění vzduchové hmoty v proudové trubici. Bernoulliho rovnice stanovuje změnu tlaku v proudu vzduchu.

V proudové trubici máme polohovou a pohybovou složku energie. Tyto složky nám vyjadřují statický tlak p a dynamický tlak q . Jejich součtem získáváme celkový tlak $p+q$.

$$p + q = \text{konst}$$

$$q = 0,5 \rho \cdot v^2$$

6.2 Vznik aerodynamických sil

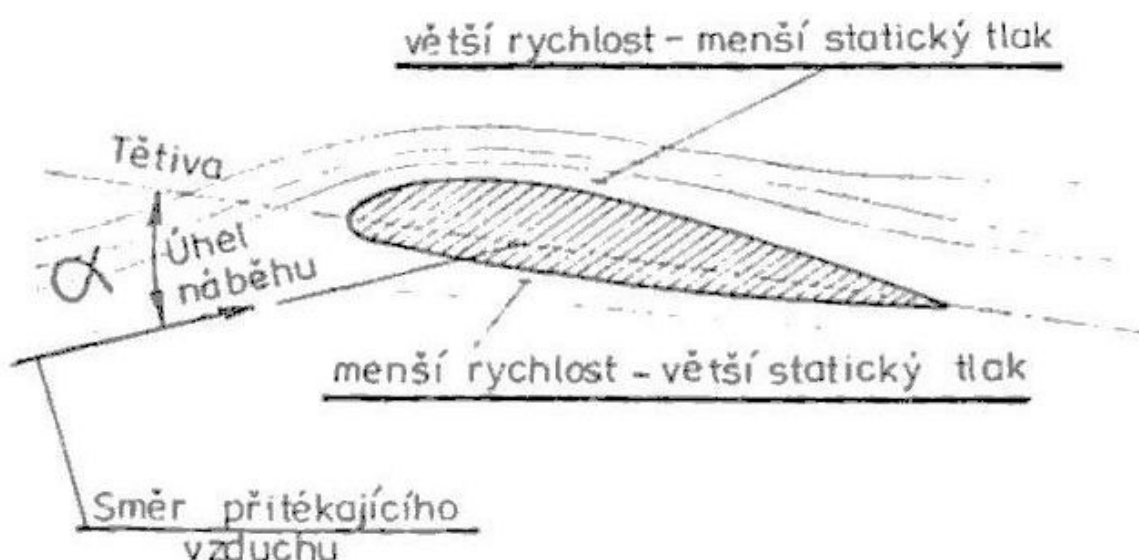
6.2.1 Vznik vztlaku

Obtékání profilu křídla způsobuje, že dojde k narušení proudění jednotlivých proudnic. Na horní straně profilu se proudnice zhušťují vlivem narůstající tloušťky podél profilu. Částice vzduchu jsou v tomto případě nuceny urazit větší vzdálenost za stejný čas, což evokuje částice k pohybu na větší rychlosti a vzniká tak snížený atmosférický tlak

(podtlak). Na dolní straně profilu je situace opačná. Proud vzduchu je bržděn a vzniká tak přetlak.

Výslednou aerodynamickou sílu působící na profil křídla určíme měřením tlaků na profilu. Z měření pak můžeme zjistit hodnoty udávající velikost, směr i působiště výsledné aerodynamické síly. Tuto sílu pak rozkládáme na složku vztlaku Y (síla kolmá na nerušený proud vzduchu), a na složku odporu X (síla rovnoběžná s nerušeným proudem vzduchu). Z výše uvedeného si potřebujeme jasně uvědomit, že vztlak nemusí působit vždy pouze „nahoru“, jak by se mohl někdo mylně domnívat. Nehraje přitom roli ani horizont ani poloha profilu.

Síly vztlaku Y a odporu X ovlivňuje rychlost letu, úhel náběhu, tvar profilu, hustota vzduchu a půdorysná plocha křídla.



Obrázek 16 – Proudění a tlakové poměry na profilu křídla

6.2.2 Vznik odporu

Odpor X se skládá ze složky tvarové (tlakový odpor) a ze složky třecí.

Tvarovou složku odporu X ovlivníme tvarem obtékaného tělesa. Tím dosáhneme zvýšení tlaku před tělesem a podtlaku za tělesem, které současně provází vznik vírů (úplav). Různé tvary způsobují různě velký úplav za tělesem, kterému odpovídají různě velké hodnoty součinitele odporu c_x .

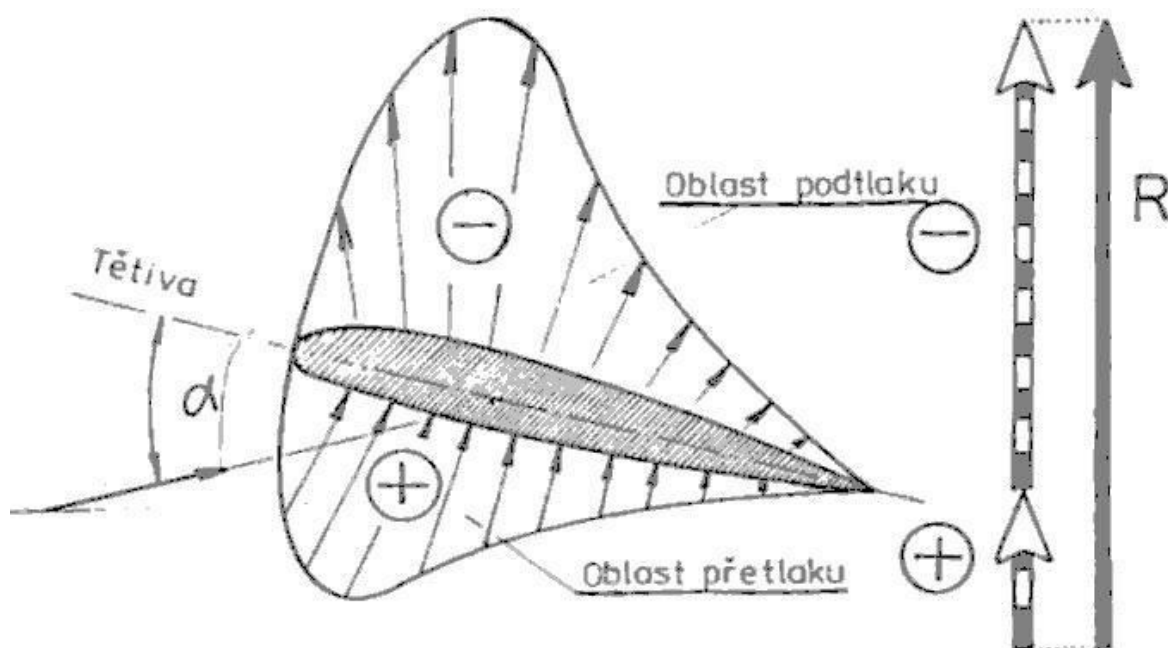
Třecí odpor vzniká třením vzduchu o povrch tělesa. Vzduch má určitou viskozitu a z toho důvodu se o sebe třou jednotlivé částice o určité rychlosti.

Mezní vrstva je prostředí, ve kterém se částice vzduchu pohybují pomaleji, než v nerušeném proudění kolem tělesa. Proudění je pak v mezní vrstvě buď laminární (pravidelné) nebo turbulentní (nepravidelné). Jestliže dosáhneme větší rychlosti proudění, drsného povrchu nebo obtékání tělesa na větší vzdálenost, dojde ke změně typu proudění. Mezní vrstvu matematicky definuje Reynoldsovo číslo (Re).

$$Re = 68 \cdot v \cdot l$$

v ...rychlost letu v m/s

l ...vzdálenost od náběžné hrany v mm

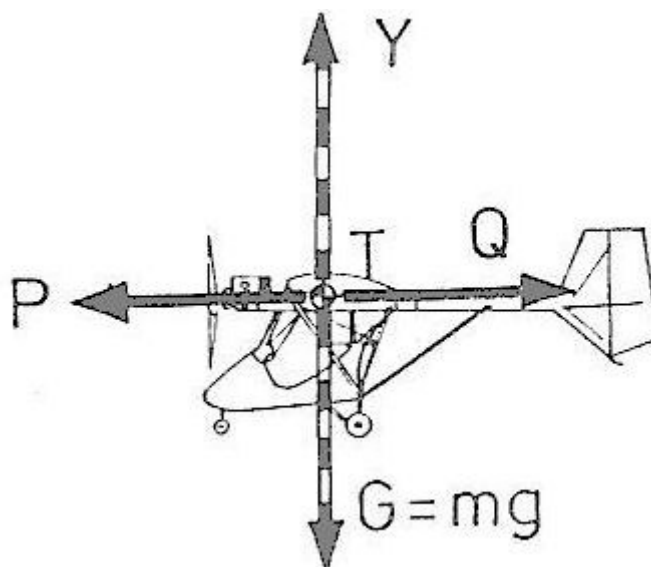


Obrázek 17 – Rozložení tlaků na profilu a vznik výsledné aerodynamické síly

. Každé letadlo má jinou tzv. pádovou rychlost. Pádová rychlost je rozhodující jak z hlediska vzletu, tak z hlediska ztráty říditelnosti letu. Pod touto rychlostí ztrácíme vztlak a letadlo se „prosedne“ - padá.

S úhlem náběhu roste i vztlak. Je to úhel, který svírá spojnice přední a zadní hrany křídla s nabíhajícím proudem vzduchu. Současně roste i odpor, protože křídlo se „vystavuje“ nabíhajícímu vzduchu. Růst odporu je omezený do maximální hodnoty. Pokud je úhel náběhu příliš velký, pak se malá vrstva vzduchu, která křídlo ofukuje, již se neudrží a odtrhne se. Tím poklesne vztlak a dojde k pádu letadla, protože vznikne velký odpor od vířícího vzduchu za odtrženým proudem.

Zvětšením plochy křídla nebo zvětšením prohnutí profilu zvýšíme vztlak za letu. Slouží k tomu prostředky ke zvýšení vztlaku – klapky. S pomocí klapek můžeme zároveň zamezit odtrhávání proudnic při dosažení α_{krit} . Jsou to plošky umístěné na zadní straně křídla u jeho kořene (jsou umístěny blíže k trupu – neplést si s křídélky). Klapky dělíme podle typu vychýlení dolů, posuvu dozadu (Fowlerova) nebo vytvořením štěrbiny mezi křídlem a klapkou (štěrbinová). Vztlkové klapky mají tedy přímý vliv na aerodynamické charakteristiky křídla tak, že příznivě mění letové parametry. Klapky nám snižují minimální rychlost a umožňují tak vzlétat nebo přistávat na nižších rychlostech. Tím zkracují rozjezd (popřípadě dojezd) a šetří konstrukci letounu, při jeho namáhání.



Obrázek 18 – Rovnováha sil působících na letoun za vodorovného ustáleného letu

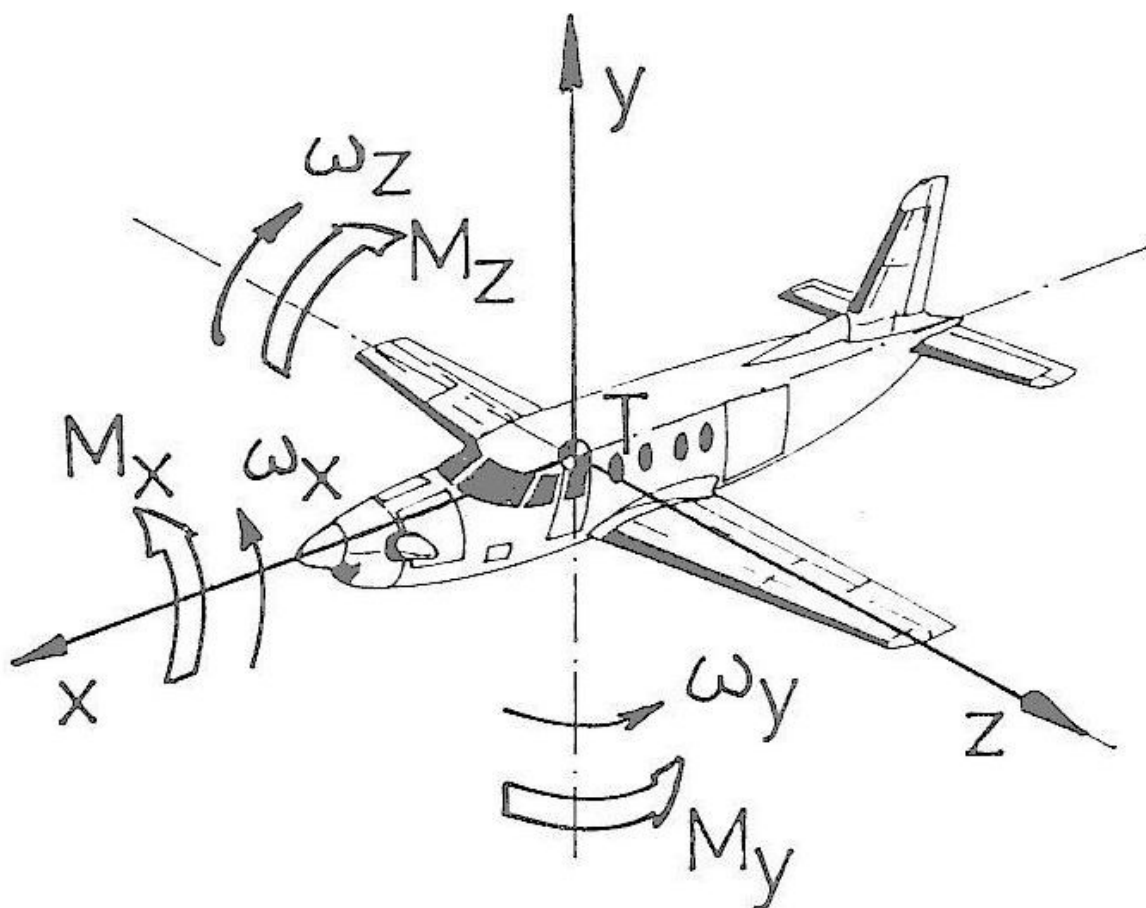
Aby letadlo letělo ustáleným letem (tedy rovně, bez klesání a stoupání a přidávání nebo ubírání plynu), musí být v rovnováze několik sil. Vztlak, který směřuje nahoru (drží letadlo ve vzduchu), musí být v rovnováze se silou tíže letadla, která směřuje dolů. Zároveň ale tah

motoru vyvozovaný vrtulí, který směřuje dopředu, musí být v rovnováze s odporem, které způsobuje tvar letadla a tření vzduchu o jeho nerovný povrch a řada dalších věcí.

6.3 Účinky kormidel

Pohyb letadla se uskutečňuje kolem tří os. Kolem **kolmé, podélné a příčné osy**,

Kolmá osa vede kolmo letadlem. Kolem ní letadlo **zatáčí**. Tento pohyb pilot způsobuje zásahem do ovládání směrovky, což je pohyblivá část svislé ocasní plochy. Směrovka se ovládá vyšlápnutím pedálů v jednu nebo druhou stranu. Pravým pedálem letadlo zatočí doprava, levým doleva. Pedálovým řízením však nedocílíme čisté zatáčky. Bude to pouze zatáčka plochá. Čisté zatáčení je koordinace pohybu kolem dvou os – kolmé a podélné.



Obrázek 19 – Letadlová soustava souřadná je pevně spojena s letounem. Pohyb kolem osy x-klonění, y- zatáčení, z- klopení

Při ploché zatáčce se jedna polovina (vnější) pohybuje rychleji, než vnitřní polovina, tím je na rychlejší části křídla větší vztlak a pomalejší křídlo se tak proti rychlejšímu mírně prosedne. Tím se letadlo i nakloní, ale bude to až sekundární účinek řízení.

Podélná osa vede podél letadla. Aby letadlo zatočilo čistě, musí se k pohybu směrovky přidat také pohyb křidélek. Ta jsou umístěna na zadní straně křídla (u jeho konců) a pilot je ovládá ručním řízením (kniplem). Ručním řízením vychylujeme křídélka pohybem „doleva-doprava“. Primárně způsobí křídélka jen klonění letadla kolem podélné osy.

Z výše uvedeného snadno zjistíme, že jestliže chceme provést zatáčku po čisté křivce, potřebujeme koordinovaně použít (ve správné míře) účinek obou prvků řízení.

Příčná osa vede celým křídlem. **Naklopení** letadla podél, tedy naklopení nahoru nebo dolů způsobuje pohyb druhé - vodorovné ocasní plochy - výškovky. Tu ovládá pilot kniplem tak, že s ním pohybuje dopředu od sebe (dolů) a k sobě (nahoru).

7 TECHNIKA PILOTÁŽE

Připomněli jsme si, díky čemu letadlo letí, a jak se ve vzduchu pohybuje. Nyní si rozebereme jak nejlépe zasahovat do řízení a ovládat letoun v prostoru. Pilot si musí neustále uvědomovat konsekvence svého počínání. Dobrý pilot si koordinuje pohyby vždy dopředu a tak je při řízení vždy před letadlem. Zvláště u „těžších“ letadel je tato logika absolutně nezbytná, neboť setrvačnost letounu vyvozuje pohyb až se zpožděním. Pilot, který by takový letoun ovládal „bez rozmyslu“, zcela jistě přivodí fungujícímu letounu zkázu. Došlo a dochází k mnoha případům leteckých tragédií, kdy normálně letící stroj, havaruje kvůli sérii nepatřičných zásahů pilota. Tím se dotyčný přivede do situace, ve které začne zmatkovat a hledat příčiny všude, jen ne tam, kde skutečně vznikly.

7.1 Horizontální let

Základem je předvedení účinků výškového kormidla tak, abychom docílili plynulého horizontálního letu.

Nejprve musí pilot-žák pochopit: co je to horizont a kde jej mám vlastně hledat. Pro vidové létání je to nejdůležitější aspekt pilotního umění, neboť podle toho jak vnímám horizont posléze rozhoduji, jak zasáhnout do řízení. Přístroje (umělý horizont, rychloměr, relativní sklonoměr...) mi mají dát pouze doplňující informaci o tom, co vidím před sebou a vnímám svým tělem. Často, právě už v této prvotní fázi výcviku, má pilotní žák problém, který si ale potřebuje „osahat“ a pochopit sám. Nejde jednoznačně metodicky říct, jak vnímat horizont. U každého typu letadla se při pohledu z kabiny může jevit jinak. Nejlepším předpokladem správného vnímání horizontu z kabiny, je správná poloha hlavy při pohledu ven (tzn. správné usazení) a posléze „zafixování si“ určitých vztyčných bodů (např. čumák, stínítko, atd...) vůči samotnému horizontu při daném letovém prvku. Je to věc citu, který si však vytvoříme jenom cvikem. Poloha horizontu nebude vždy stejná! Záleží na poloze čáry, kterou si pilot zvolí za horizont a pochopitelně na výšce letu.

Horizont (jinak řečeno obzor) je optická hraniční čára mezi viditelným povrchem země a oblohou (ilustrativně vidíme na Obrázek 20). Podle horizontu korigujeme další zásahy do řízení (v případě letů VFR). Příručka výcviku pilota říká, že 90% pozornosti má pilot

zaměřit na pohled ven z kabiny a zbývajících 10% využít pouze na ověřování stavu hodnot, které indikují přístroje.



Obrázek 20 – Poloha horizontu z kabiny letadla

Přitažením řídicí páky - rychlost letadla klesne, otáčky motoru mírně klesnou (což ihned verbálně vnímáme snížením hlasitosti motoru) a příd' se zvedne nad horizont (znamená to, že letoun klopí na ocas). Jestliže budeme pokračovat v přitahování řídicí páky, začne se projevovat nižší účinnost kormidel, rychlost bude nadále klesat až na kritickou hodnotu (tzv. pádová rychlost) a letadlo přejde do pádu.

Naopak potlačením řídicí páky – kabina letounu klesne pod horizont (klopí na hlavu). Praktickým důsledkem je to, že začne narůstat rychlost letu a mírně se zvýší otáčky motoru (např. z cestovního režimu 2200 ot./min na 2300 ot./min). Kdybychom v režimu klesání chtěli pokračovat, potřebovali bychom neustále vyvíjet na řízení tlak. Dostaneme se do režimu, kdy se zvyšují síly v řízení, na variometru zpozorujeme klesání, což se projeví poklesem hodnoty na výškoměru a rychloměr bude indikovat zvyšující se rychlost.

Přechod mezi stoupáním (klesáním) a horizontálním letem vybíráme potlačením (přitáhnutím) ručního řízení. Zde je důležité vystihnout správný okamžik, kdy se letoun opět objeví v poloze, ve které byl při původním horizontálním letu a tehdy jemnými zásahy do ručního řízení se snažíme tuto polohu udržet.

7.2 Účinky křidélek

Vychýlením ručního řízení doprava nebo doleva se letoun nakloní na stranu výchylky a posléze začne do tohoto směru i zatáčet. Z uvedeného vyplývá, že primárním účinkem náklonu křidélek je KLONĚNÍ a sekundárním účinkem je ZATÁČENÍ. Musí nám být však jasné, že tím nejsme u konce. Dalším důsledkem naklonění letadla je pokles čumáku pod horizont a rychlost nám začne narůstat. Uvedenému zabráníme jednoduše tak, že začneme jemně přitahovat páku ručního řízení směrem k sobě.

7.3 Účinky směrového kormidla

Vyšlápnutím levého pedálu, vychýlíme směrové kormidlo doleva. Letoun začne ihned, velmi energicky, vlevo zatáčet. Následně se začne letoun i naklánět a příd' klesne pod horizont. Z uvedeného opět vyplývá, že primárním účinkem vychýlení směrovky je ZATÁČENÍ, sekundárním účinkem je KLONĚNÍ, ale k tomu musíme počítat ještě s poklesem čumáku pod horizont – tzn. KLESÁNÍ.



Obrázek 21 – zatáčka doleva

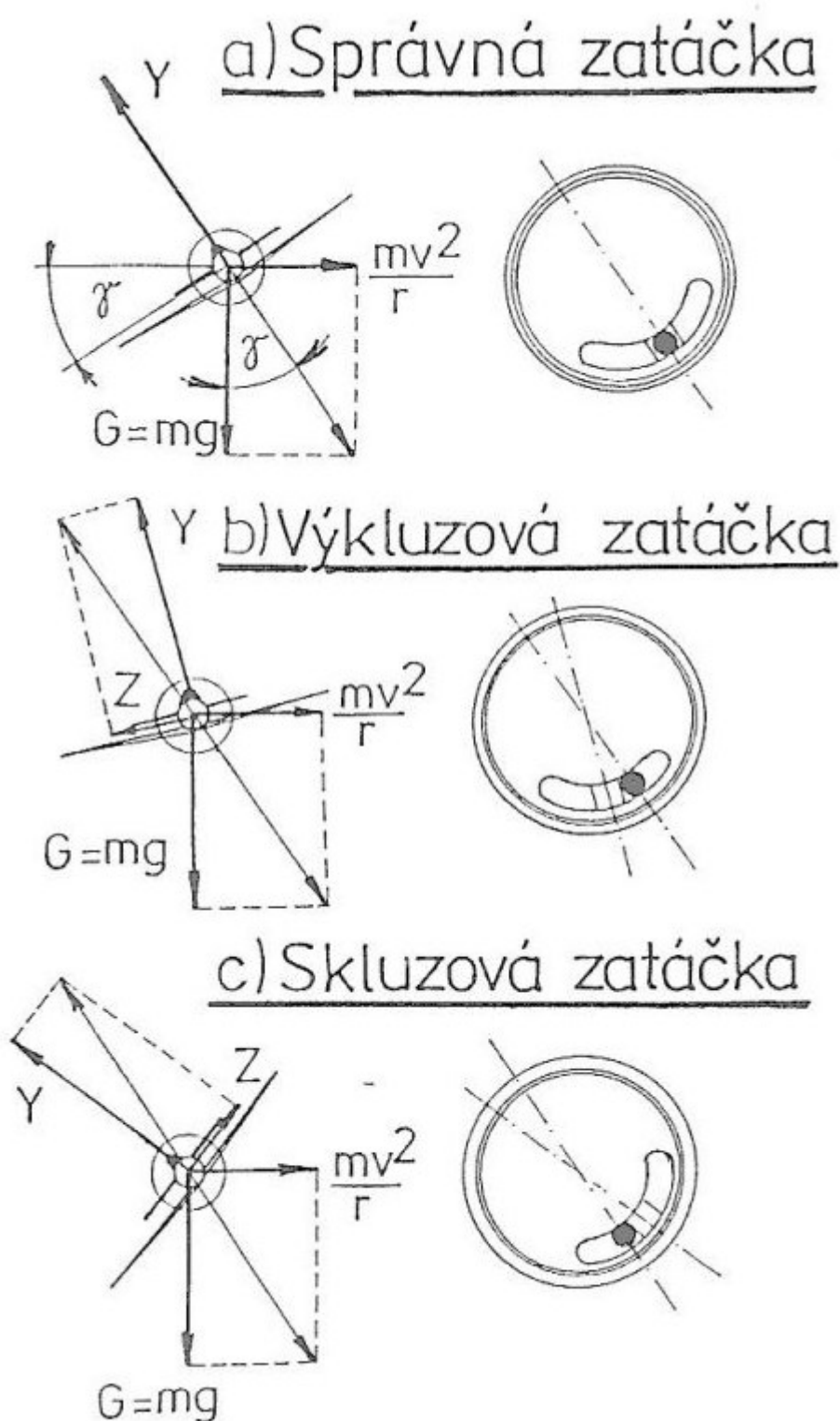
7.4 Horizontální zatáčka (15° - 30°)

Ještě jednou si připomeňme, že ke správnému řízení potřebujeme vhodnou koordinaci křidélek a směrovky, následně i výškovky.

Zatáčku je metodicky vhodné, rozdělit do několika částí:

- uvedení letounu do zatáčky
- udržení zatáčky
- srovnání do přímého směru

Z aerodynamiky víme, že pro správnou zatáčku potřebujeme definovaný vztah mezi náklonem a úhlovou rychlostí letounu, který zaručuje, že výslednice aerodynamických sil působí přímo proti výslednici tíhy a odstředivé síly. Toho docílíme jedině tehdy, pokud do řízení letounu zapojíme všechny tři prvky řízení.



Obrázek 22 – Síly působící na letoun při letu v zatáčce správné, skluzové a výkluzové

Před tím než zahájíme zatáčení, potřebujeme zkontrolovat volnost daného prostoru a přitom zvolit orientační bod, na který budeme zatáčku provádět.

Do zatáčky letoun uvedeme nejprve vychýlením křidélek (ruční řízení vychýlíme požadovaným směrem zatáčky) a posléze (v začátku klonění) vychylujeme souhlasným směrem i směrovku (pedál vyšlápneme do strany, kterou točíme). Směrovku (vyšlápnutí pedálu) v zatáčce musíme použít přesně tak, abychom zatáčku točili čistě, tzn. bez skluzu nebo výkluzu. (viz. obr. 6.5.). Toho dosáhneme především díky pozornému sledování horizontu.

Nezapomeňme, že v případě letounů, kde posádka sedí vedle sebe (C 150, C172, Z 42, Pa 28, Pa 34, atp.) se nám bude při zatáčení do jednotlivých stran zdát poloha horizontu jinak, vlivem jiné polohy naší hlavy.

Jelikož je při levotočivé zatáčce pilotova hlava níže, bude mít začátečník zpočátku tendenci příliš „hrubě“ dotahovat řízení. To pak způsobí pokles rychlosti a variometr nám indikuje stoupání. Pokud se včas neopravíme, můžeme způsobit přetažení letadla a následný pád/vývrtku. Při zatáčení budme pozorní a vnímejme chod horizontu, hlučnost motoru (otáčky motoru nás upozorní, jestli nezrychlujeme/nezpomalujeme) a samozřejmě nezapomínejme si vše ověřovat ukazateli přístrojů. Následnou opravu je pochopitelně nutné provádět podle vážnosti pilotní chyby, které jsme se při zatáčce dopustili. Jestli letoun přivedeme na pokraj pádové rychlosti, tak určitě neváhejme - ihned zatáčku vyberme (srovnejme náklon) a potlačením ručního řízení a přidáním výkonu letadlo stabilizujeme. Daleko častější jev je pouze to, že se „zapomeneme“ a nevšimneme si poklesu (náběhu) horizontu ihned. Prakticky se to pak projeví indikací na přístrojích mírným stoupáním (klesáním) na variometru s následným skluzem (výkluzem) na zatáčkoměru, popřípadě ztrátou (nárůstem) výšky. Chybu, potřebujeme opravit ihned vhodným zásahem do řízení.

Po uvedení letounu do zatáčky ihned ověřme dosažení náklonu (např. 15°, 30°). Současně zkorigujme křídélka tak, aby se již náklon nezvětšoval a vyšlápnutí pedálu nožního řízení upravme přesně podle kuličky příčného sklonoměru tak, aby zůstala uprostřed. Aneb staré známé pořekadlo: „Kam kulička, tam nožička“. Letoun bude chtít klopit na hlavu, takže abychom udrželi správnou polohu horizontu, potřebujeme začít přitahovat ruční řízení k sobě. Opět se potřebujeme vrátit k aerodynamice a připomenout si skutečnost, že přitažením ručního řízení dojde ke zvýšení vztlaku vlivem vyššího úhlu náběhu, což logicky zvyšuje i aerodynamický odpor. V zásadě to má pro nás praktický

dopad ten, že se sníží rychlost letu. To pro nás nemusí být vždy zanedbatelné (zvláště nízko nad zemí a na nižší rychlosti), proto je vhodné tento nežádoucí jev, eliminovat přidáním výkonu motoru. Přitom všem je potřeba, zvláště v začátcích, nezapomínat být pozorný i na ostatní provoz v prostoru a sledovat jiná omezení a překážky. Jedna věc je „čistě“ dotočit zatačku, a jiná je po jejím úspěšném uskutečnění „sejmout“ bezbranného paraglidistu.

Nedá se přesně definovat, jak intenzivně používat pedál nožního řízení. To do jisté míry závisí na konkrétním typu a smyslu rotace vrtule.

V našem „simulátorovém“ polétání nejsme vybaveni citlivým pedálovým systémem, který by reálně napodobil všechny vlivy ovlivňující intenzitu vyšlápnutí pedálu nožního řízení, jako na skutečném letounu.

Typ, se kterým létáme v rámci našich potřeb (C 152) je vybaven z pohledu pilota pravotočivou vrtulí. Při zatačce doleva téměř nepotřebujeme zasahovat do nožního řízení. Při pravé zatačce je míra vyšlápnutí, pedálu nožního řízení, ovlivněna náklonem. To je z aerodynamiky vysvětlováno tak, že u pravotočivé vrtule se vír vzduchu stáčí do toku, který naráží na směrové kormidlo. Proto vyšlápnutí pravého pedálu nožního řízení.

Letoun ze zatačky vyvedeme opačným (současným) pohybem jak ručního tak nožního řízení. Přitom řízení vedeme citlivě tak, abychom udrželi kuličku příčného sklonoměru uprostřed rysek. Pamatujme přitom na setrvačnost. Ta nás nutí k tomu, abychom srovnali směrové kormidlo a křídélka do neutrálu ještě před dosažením přímého směru. Pokud tak neučiníme, letoun přejde do náklonu. Častou chybou žáka je i vychylování hlavy do směru zatačky. Tuto chybu je potřeba eliminovat, jelikož nám to značně komplikuje čisté provedení zatačky.

Reálnou zatačku volíme vždy do stanoveného kurzu (například trati, kterou si vypočteme, při pozemní přípravě na navigační let). Jestliže zatačku provádíme pomocí směrového setrvačnicku, potřebujeme zatačky vybírat s předstihem. Ukončení dané zatačky, při náklonu 15° , volíme vždy 5° před dosažením definovaného kurzu. Například točíme-li pravou zatačku o náklonu 15° do kurzu 020, pak pomocí směrového setrvačnicku, začneme zatačku rovnat již v kurzu 015. Toto se provádí z toho důvodu, abychom zatačku nepřetočili. Při zatačce o náklonu 30° začneme zatačku rovnat již 10° před stanoveným

kurzem. Jestliže letadlo nemá směrový setrvačnick, nebo je na něm patrná závada, potřebujeme si při zatáčení pomoci kompasem. Tyto zatáčky, podle kompasu, provádíme podle pravidla – SEVER NEDOTOČIT o 30° („N-North Nedotočit.“), JIH PŘETOČIT, taktéž o 30° . Jestliže zatáčku provádíme do směru VÝCHOD nebo ZÁPAD, pak zastavujeme přesně na kurzu.

V leteckém názvosloví se zavedl termín STANDARTNÍ ZATÁČKA („rate one turn“). Je to zatáčka o 360° , její doba je 2 minuty a úhlová rychlost činí 3° za sekundu. Pamatujeme, že při standardní zatáčce potřebný náklon narůstá se zvyšující se pravou vzdušnou rychlostí (TAS – True Air Speed). Můžeme si pomoci definovaným vzorcem pro výpočet náklonu $(TAS / 10) + 50\%$ (např. při 90 kt: $9 + 4 = 13^\circ$ náklonu).

Abychom při manévrování s letounem dosáhli plynulé pilotáže, musíme mít na paměti vztah výchylky letounu a rychlost letu. To znamená, že můj zásah do řízení musí být adekvátní (úměrný) s výchylkou letounu a aktuální rychlostí. V praxi pak pilot, do řízení, zasahuje pouze velice citlivě a jen s malými výchylkami. Z aerodynamiky jsme se dozvěděli, že účinnost kormidel se s nižší rychlostí snižuje. Naopak se vzrůstající rychlostí se účinnost kormidel zvyšuje. Čím jsou výchylky letounu menší a rychlost letu větší, tím méně energické musí být výchylky kormidel a naopak. Při létání v turbulenci si můžeme všimnout zvláštního jevu, který se týká vlivů poryvu na řiditelnost. Silná turbulence totiž způsobí, že pilot ucítí poryv větru dřív, než se jejich účinek projeví vychýlením letounu. Zde pochopitelně nečekáme, až dojde k vychýlení letounu, ale naprosto plynulým dynamickým zásahem vzniklé výchylce zabráníme.

7.5 Účinky změny výkonu motoru

Jestliže si chceme zkusit změny výkonu motoru, pak jsou nejpatrnější z přímočarého letu, kdy je letoun vyvážen. Když budeme pozorovat účinky přidání výkonu zjistíme, že letoun začne stoupat a přitom zatáčí do opačného směru než je smysl otáčení vrtule. Tento jev způsobuje proud od vrtule, který se stáčí kolem trupu letounu ve směru otáčení vrtule a naráží do směrového kormidla, což způsobuje ono vytočení do opačného směru než je smysl otáčení vrtule.

Potřebujeme si uvědomit, jaký smysl (směr pohybu vrtule) má otáčení vrtule na letounu, ve kterém se nacházíme. Letoun C 152, se kterým provádíme „simulátorový“ výcvik má vrtuli pravotočivou. Proud vzduchu od vrtule tedy naráží do směrového kormidla zleva, což způsobuje zatočení přídě doleva. Jak již víme, pohyb přídě vlevo eliminujeme vyšlápnutím pravé nohy. S jakou intenzitou máme pedál nožního řízení vyšlápnout si potřebujeme zkoordinovat s ukazatelem příčného sklonoměru tak, abychom měli kuličku mezi ryskami. Velikost výchylky přídě (velikost zatáčení) je závislá na výkonu motoru a rychlosti letu. Nejrazantnější výchylka je patrná při vzletu, kdy je rychlost malá (nulová) a přidání výkonu maximální.

Jestliže však budeme výkon motoru u pravotočivé vrtule snižovat, letoun bude zatáčet ve směru otáčení vrtule a přitom klesat.

7.6 Účinky vztlakových klapek a vyvážení

Účel vztlakových klapek je zásadní především při vzletu a přistání letadla. Vysunuté vztlakové klapky mění zakřivení profilu křídla a zvyšují jeho vztlak. Tím právě snižují minimální rychlost na V_{S0} , ale zároveň zvětšují i aerodynamický odpor. Pro pilota je naprosto nezbytné dokonale pochopit funkci a použití vztlakových klapek.

Při vzletu nám vztlakové klapky zkracují potřebnou délku pro vzlet tím, že nám umožňují odpoutání již na menší rychlosti.

Při přistání nám zase vztlakové klapky pomáhají při rozpočtu při přistávání a zkracují výběh díky tomu, že můžeme dosedat na nižší rychlosti. Tím šetříme zatížení podvozku a konstrukci draku letadla.

Vztlakové klapky nemusíme využívat jen při vzletech a přistáních, ale kdykoliv, když potřebujeme létat nižší rychlostí s dostatečnou rezervou bezpečné rychlosti.

Pilot si při vysouvání vztlakových klapek musí uvědomit, že je tento úkon doprovázen výraznou změnou klopivého momentu. U hornoplošníku, jako je například naše Cessna 152) dochází k tomu, že se letoun stává „těžký na ocas“ a to znamená, že pro ustálený letový režim je nutné letoun vyvážit. U dolnoplošníků (SR-22, Pa-28, Z -24, atd.) se letoun naopak stává „těžký na hlavu“.

Vysunutí vztlakových klapek je doprovázeno nadlehčením letounu a je možné, že někdy dojde i ke krátkému stoupání, zvláště tehdy, jestliže letíme vyšší rychlostí. Proto je při sestupu nutné, aby pilot citlivě potlačil řídicí páku a zachoval požadovaný úhel sestupu.

Zasunutí vztlakových klapek je pak provázeno prosednutím, což je pochopitelně při vzletu nebezpečné. Proto musí pilot při zavírání klapek dbát na plynulost prováděného úkonu a dostatečnou akceleraci letounu.

Vztlakové klapky není možné vysunout kdykoliv, ale jejich použití je limitované maximální rychlostí s vysunutými vztlakovými klapkami V_{FE} , která je na rychloměru označena koncem oblouku s bílou barvou.

7.7 Účinky vyvážení

Vyvážení, někdy nazýváno jako „trim“, je aerodynamické zařízení. Slouží k podélnému vyvážení letounu. Při správném vyvážení letadla je zachován zvolený letový režim a to při nulových silách v ručním řízení.

Podélné vyvážení je technicky realizováno ploškou na vodorovných ocasních plochách. Tato ploška je pilotem vychylována do opačného směru, než je výchylka výškového kormidla.

V kabině letounu je ovládání trimu realizované vyvažovacím kolečkem. U C 152 je tento ovládací prvek umístěn v dolní prostření části panelu přístrojů. Můžeme si všimnout vyznačené polohy pro nastavení trimu na vzlet, což je povinný úkon na vyčkávacím stanovišti.



Obrázek 23 –Kabina letounu C 152

Chceme-li, aby byl letoun „těžký na hlavu“, posuneme ovladač trimu dopředu. To způsobí, že se letoun (z horizontálního letu) skloní do klesání a rychlost letounu vzroste.

Chceme-li, aby byl letoun „těžký na ocas“, posuneme ovladač trimu dozadu. Tím letoun přejde (z horizontálního letu) do stoupání a rychlost letounu klesne.

Vyvážení je cennou pomůckou při letu a umožňuje pilotovi pohodlné řízení letadla. Jestliže by pilot chtěl létat s nevyváženým letadlem, pak velice rychle zjistí, že je při řízení brzy unavený a ovládání letadla není přesné. Takový způsob ovládání je samozřejmě špatný!

Je tedy potřeba se s ovladačem vyvážení (trimu) naučit správně pracovat. Nejprve si letoun přivedeme do požadované polohy a teprve potom si trimem odstraníme síly z řízení.

ZHODOCENÍ A CÍLE

Podle mého názoru se v této práci podařilo teoreticky přiblížit a zopakovat vše podstatné a potřebné pro studenty na letový simulátor, v rámci předmětu Praktikum z letecké techniky I.

- Byly popsány základní charakteristiky a způsob ovládní letounu C 152, na kterém je výuka prováděna.

- V práci je kladen důraz na propojení teoretických znalostí a praktického rozhodovacího procesu pilota.

- Byly přehledně rozebrány důležité technické součásti a zopakovány potřebné teoretické znalosti z předchozích (základních) předmětů, absolvovaných v rámci našeho studia.

Práci by ještě bylo možné rozšířit o popis pokročilé techniky pilotáže s nouzovými postupy a bližšího popsání meteorologických vlivů na letový provoz.

ZÁVĚR

Simulátory nám nabízejí skutečně nedocenitelné možnosti využití. Máme prostředek k praktickému ověření dosažených znalostí (z teoretického výcviku), čímž se snadněji pohybujeme v dané problematice a tak (do určité míry) dokážeme efektivně rozvíjet svůj profesní růst, bez finančně náročného praktického leteckého výcviku na skutečných letadlech. Zvláště pro studijní skupiny „nepilotní“, je možnost výuky na simulátoru pravděpodobně jedinou možností, jak „usednout za řízení letadla“ pod odborným dohledem. V práci byl kladen důraz na zopakování teoretického základu, využitelného v rámci výuky předmětu Praktikum z letecké techniky a navázat metodickým postupem výcviku na simulátoru. Smyslem výcviku na simulátoru, v rámci této výuky, je přiblížit studentům reálný letecký provoz, v rozsahu PPL. Z tohoto aspektu práce vychází, proto se soustředíme na nejnutnější základy letů VFR jak teoretické, tak z hlediska postupů a logiky ovládání letounu Cessna C 152. Práce pokračuje vysvětlením základů z předmětu Letecké přístroje, neboť prvním pohledem, pilota-studenta při usednutí za řízení simulátoru, je pohled na palubní desku letounu. V rámci další kapitoly byl kladen důraz na to, aby studenti pochopili princip přístupu k letounu na základě způsobu jeho ovládání v rámci základních letových prvků. Celý tento prvek byl podložen kapitolou Aerodynamika aplikovatelná v rámci simulátorového výcviku na Katedře Letecké Dopravy. Vysvětlili jsme si účinky řídicích prvků – výškovky, směrovky a křidélek tak, aby byl jasný princip ovládání letounu Cessna C 152. Pokračujeme tím, jak provést horizontální let, klesání, stoupání, zatačení, jak správně využívat účinky vztlakových klapek a vyvážení. Tuto práci by ještě bylo možné rozšířit o popis pokročilé techniky pilotáže s nouzovými postupy a zopakovat meteorologická minima a zprávy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KELLER, Ladislav. *Učebnice pilota 2011: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. 1. vyd. Cheb: Svět křídel, 2011, 716 s. ISBN 978-80-86808-90-1.
- [2] KULČÁK, Ludvík. *Učebnice pilota vrtulníku PPL(H)*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2009, 2 s. ISBN 978-80-7204-638-6.
- [3] BUSINESS MEDIA CZ, s.r.o. *Učebnice létání - příručka pro výcvik soukromého pilota*. 3. vyd.
- [4] JAR STD 1A. *Letové simulátory pro letouny*. PRAHA: ÚCL, Amdt. 3, 1.7.2003.
- [5] JAR STD 2A. *Letová výcviková zařízení pro letouny*. PRAHA: ÚCL, 1.7. 1999
- [6] JAR STD 3A. *Trenažér letových a navigačních postupů pro letouny*. PRAHA: ÚCL, 2.5.2002
- [7] [Http://cs.wikipedia.org](http://cs.wikipedia.org) [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org>>.
- [8] [Http://www.highinthesky.cz](http://www.highinthesky.cz). [online]. [cit. 2012-04-18].
- [9] [Http://lichtco.cz/side_speed.htm](http://lichtco.cz/side_speed.htm). [online]. [cit. 2012-04-18].
- [10] [Http://lichtco.cz/side_speed.htm](http://lichtco.cz/side_speed.htm). [online]. [cit. 2012-04-18].
- [11] [Http://partyof4blog.com/wp-content/uploads/2011/07/c152-kingston.jpg](http://partyof4blog.com/wp-content/uploads/2011/07/c152-kingston.jpg). [online]. [cit. 2012-04-18].
- [12] [Http://www.laazatec.cz/clanek448.html](http://www.laazatec.cz/clanek448.html). [online]. [cit. 2012-04-11].
- [13] [Http://www.lkpr.info/](http://www.lkpr.info/). [online]. [cit. 2012-04-12]
- [14] [Http://www.lkzn.cz/](http://www.lkzn.cz/). [online]. [cit. 2012-04-15].
- [14] [Http://www.laazatec.cz/](http://www.laazatec.cz/). [online]. [cit. 2012-04-18].

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 – Primární letové přístroje</i>	16
<i>Obrázek 2 – Rychloměr</i>	17
<i>Obrázek 3 – Schéma jednoduchého rychloměru</i>	20
<i>Obrázek 4 – Schema jednoducheheo rychloměru s ukazatelem EAS a TAS.....</i>	21
<i>Obrázek 5 – Tříručkový výškoměr cejchovaný ve stopách (použitý na C 152).....</i>	23
<i>Obrázek 6 – Variometr (feetový).....</i>	26
<i>Obrázek 7 – Variometr (feetový) - řez přístroje.....</i>	26
<i>Obrázek 8 – Umělý horizont</i>	28
<i>Obrázek 9 – Směrový setrvačník.....</i>	28
<i>Obrázek 10 – Zatačkoměr</i>	29
<i>Obrázek 11 – Předletová prohlídka letounu (preflight inspection)</i>	32
<i>Obrázek 12 – Zjednodušené schéma - rozdělení tříd vzdušného prostoru</i>	40
<i>Obrázek 13 – ICAO mapa - poloha prostorů v rámci ČR</i>	41
<i>Obrázek 14 – Srovnání výškového členění - tříd vzdušných prostorů u ostatních států</i>	42
<i>Obrázek 15 – Poměry při proudění trubici o zužujícím se průřezu-rovnice kontinuity.....</i>	44
<i>Obrázek 16 – Proudění a tlakové poměry na profilu křídla</i>	45
<i>Obrázek 17 – Rozložení tlaků na profilu a vznik výsledné aerodynamické síly.....</i>	46
<i>Obrázek 18 – Rovnováha sil působících na letoun za vodorovného ustáleného letu</i>	47
<i>Obrázek 19 – Letadlová soustava souřadná je pevně spojena s letounem. Pohyb kolem osy x- klonění, y- zatačení, z- klopení</i>	48

<i>Obrázek 20 – Poloha horizontu z kabiny letadla.....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 21 – zatáčka doleva</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 22 – Síly působící na letoun při letu v zatáčce správné, skluzové a výkluzové</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 23 –Kabina letounu C 152</i>	<i>60</i>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Způsob podávání hlášení	37
---	----